

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИКИ РАН)

УДК 519 687 53.087 004.09 504.3.504.06

Номер государственной регистрации 01.20.0.2.00164

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Института космических исследований

Российской академии наук

академик РАН



Л.М. Зелёный

2017 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Разработка методов и технологий спутникового мониторинга для научных исследований
глобальных изменений и обеспечения безопасности.

Тема МОНИТОРИНГ

0028-2014-0005

Научный руководитель

д.т.н.

Е.А. Лупян

« »



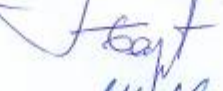

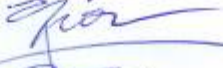


2017 г.

Москва



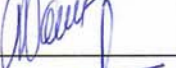




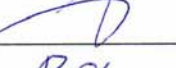
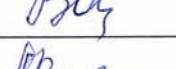

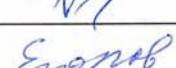
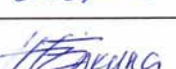
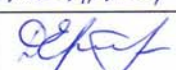
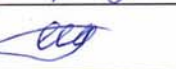
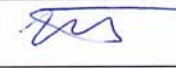




2017











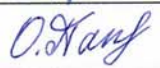
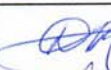




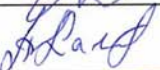
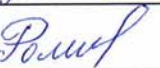

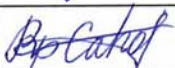
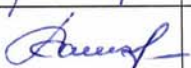
СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ







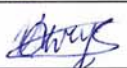





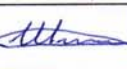

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы зав. отд., д.т.н.		Лупян Е.А.
Ответственные исполнители разделов темы: зав. отд., д.т.н.		Лупян Е.А.
зав. лаб., д.т.н.		Барталев С.А.
зав. отд., д.ф.-м.н.		Шарков Е.А.
зав. отд., д.ф.-м.н.		Ерохин Н.С.
гл. конструктор проекта		Полянский И.В.
зав. лаб., к.ф.-м.н.		Лаврова О.Ю.




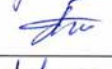
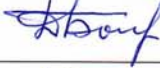

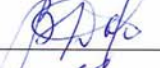





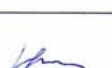







СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ отдел 56

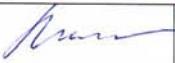







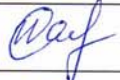

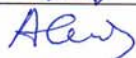

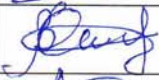






Должность, ученая степень, ученое звание	Подпись	ФИО	Номера разделов отчета в работе по которым принимал участие исполнитель
Вед. инженер		Артамонова Ю.В.	1
Инженер		Андреев М.В.	1
Н.с., к.т.н.		Балашов И.В.	1,3
Зав. лав., д.т.н. профессор		Барталев С.А.	Руководство направлением "Мониторинг-биосфера" 2,7
Гл. спец., к.т.н.		Барталев С.С.	2
Вед. констр., к.х.н.		Белоконь З.С.	1
инженер		Бриль А.А.	1
Н.с., к.т.н.		Бурцев М.А.	1,3,7
Вед. электроник		Васильева А.И.	1
Гл. спец., д.т.н.		Ведешин Л.А.	1,7
Гл. спец.		Дегай А.Ю.	1
С.н.с., к.т.н.		Егоров В.А.	2
инженер		Елкина Е.С.	2,7
ведущий конструктор		Ершов Д.В.	2
Н.с.		Ефремов В.Ю.	1,3
Н.с., к.ф.-м.н.		Жарко В.О.	2,7
Н.с., к.т.н.		Златопольский А.А.	1
инженер		Иванова А.А.	2
Инженер		Кашницкий А.В.	1,3,7

Инженер		Кобец Д.А.	
Гл. спец., к.ф.-м.н.		Козочкина А.А.	1,7
М.н.с.		Колбудаев П.А.	2
Инженер		Константинова А.М.	1,3,7
С.н.с., к.ф.-м.н.		Крашенинникова Ю.С.	1,7
Вед.констр., к.г.н.		Ладонина Н.Н.	2,7
Зав. отд., д.т.н.		Лупян Е.А.	Общее руководство темой Руководство направлением "Мониторинг-Технологии" 1,2,3,7
Зав. лаб, к.ф.-м.н.		Мазуров А.А.	1
Вед.констр.		Марченков В.В.	1
М.н.с.		Матвеев А.М.	
Вед. констр.		Панова О.Ю.	1,2
Зав. сект., к.ф.-м.н.		Плотников Д.Е.	2
Зав. сект., к.т.н.		Прошин А.А.	1,3
техник		Пчеловодов Д.Л.	1
Зав. лаб, к.ф.-м.н.		Пырков В.Н.	1
Вед. инженер		Радченко М.В.	1
Гл. спец.		Романов А.А.	1
Вед. инженер		Романова Л.В.	1
С.н.с., д.т.н.		Руткевич П.Б.	1,5
Гл. спец.		Саворский В.П.	1
ведущий специалист		Самиуллина Г.С.	1,7










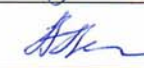






Инженер		Самофал Е.В.	2
Инженер		Сенько К.С.	1
Гл. констр. проекта		Скачков В.А.	1
Гл. спец.		Смирнов Н.К.	1
Инженер		Солодилов А.В.	1
М.н.с., к.н.		Стыщенко Ф.В.	2
Инженер		Сычугов И.Г.	1
Н.с., к.т.н.		Толпин В.А.	1
Н.с., к.т.н.		Уваров И.А.	1,3
Н.с., к.н.		Хвостиков С.А.	2
М.н.с.		Ховратович Т.С.	2
Инженер		Черных В.Н.	1
С.н.с., к.г.н.		Шабанов Н.В.	2
Ст. лаб.		Юдин Д.А.	1

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ отдел 55

Должность, ученая степень, ученое звание	Подпись	ФИО	Номера разделов отчета в работе по которым принимал участие исполнитель
электроник		Антонов В.С.	4
зав сектором, к.н.		Арумов Г.П.	5
ведущий электроник		Беляков Г.И.	4
научный сотрудник		Бочарова Т.Ю.	4,7
старший научный сотрудник, к.н.		Боярский Д.А.	3
старший научный сотрудник, к.н.		Бухарин А.В.	5
старший научный сотрудник, к.н.		Ванина-Дарт Л.Б.	5
ведущий программист		Втюрин С.А.	5
главный специалист		Городецкий А.К.	5
ведущий инженер		Горшков А.А.	4
ведущий инженер		Зверева О.О.	3
ведущий электроник		Игнатов В.А.	3
младший научный сотрудник		Калашникова Н.А.	4
научный сотрудник, к.н.		Князев Н.А.	5
главный специалист		Комарова Н.Ю.	4
ведущий инженер		Кондакова И.С.	4,7
младший научный сотрудник		Краюшкин Е.В.	4
ведущий инженер		Кузнецова М.А.	5
зав лабораторией, к.н.		Кузьмин А.В.	3,4
зав лабораторией, к.н.		Лаврова О.Ю.	4,7










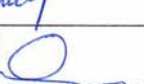





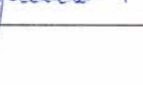




ведущий инженер		Ликучева Т.В.	4,7
научный сотрудник		Ляш А.Н.	5
старший научный сотрудник, к.н.		Митягина М.И.	4
младший научный сотрудник		Пашинов Е.В.	3
главный специалист		Покровская И.В.	3
старший научный сотрудник, к.н.		Поспелов М.Н.	3
зав лабораторией, к.н.		Раев М.Д.	3,4
главный специалист		Русаков М.Ю.	3
старший научный сотрудник, к.н.		Садовский И.Н.	4
младший научный сотрудник		Сазонов Д.С.	4
ведущий математик		Селунский А.Б.	4
зав лабораторией, к.н.		Скворцов Е.И.	4
старший научный сотрудник		Стерлядкин В.В.	3
ведущий программист		Строчков А.Я.	4,7
ведущий инженер		Сячинов В.И.	5
старший научный сотрудник, к.н.		Тихонов В.В.	3
ведущий математик		Тюрин А.В.	5
главный конструктор проекта		Хапин Ю.Б.	3
зав отдела, д.н.		Шарков Е.А.	3,4,5

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ отдел 51


Должность, ученая степень, ученое звание	Подпись	ФИО	Номера разделов отчета в работе по которым принимал участие исполнитель
зав лабораторией, к.н.		Артеха С.Н.	5.3.1, 5.3.2
ведущий научный сотрудник, д.н.		Астафьева Н.М.	5.2.1
ведущий инженер		Белян А.В.	5.3.2
старший научный сотрудник, к.н.		Гусев А.А.	5.6.5
ведущий инженер		Давиденко Д.В.	5.3.1
зав отдела, д.н.		Ерохин Н.С.	5.2.2, 5.2.3, 5.3.1, 5.3.2
научный сотрудник, к.н.		Зольникова Н.Н.	5.2.2, 5.2.3
главный специалист		Каленова Н.И.	5.6.3
ведущий научный сотрудник, д.н.		Кудашев Е.Б.	5.6.3
ведущий математик		Лазарев А.А.	5.3.2
старший научный сотрудник, к.н.		Левина Г.В.	5.6.1
младший научный сотрудник, к.н.		Михайловская Л.А.	5.2.2, 5.2.3
ведущий научный сотрудник, д.н.		Онищенко О.Г.	5.2.1
главный научный сотрудник, д.н.		Пулинец С.А.	5.3.1
ведущий научный сотрудник		Чхетиани О.Г.	5.6.2
старший научный сотрудник		Шалимов С.Л.	5.3.2

Разделы 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ отдел 57

Должность, ученая степень, ученое звание	Подпись	ФИО	Номера разделов отчета в работе по которым принимал участие исполнитель
инженер		Абрамов Н.Ф.	6.1.3
главный научный сотрудник, д.н.		Аванесов Г.А.	6.1.1, 6.1.2, 6.1.3
младший научный сотрудник		Белинская Е.В.	6.1.3
инженер		Беличенко М.Л.	6.1.2
ведущий конструктор		Белов В.Ю.	6.1.3
зав отдела, к.н.		Бессонов Р.В.	6.1.1, 6.1.2, 6.1.3
научный сотрудник, к.н.		Брысин Н.Н.	6.1.3
программист		Ваваев М.В.	6.1.1
старший научный сотрудник, к.н.		Воронков С.В.	6.1.3
ведущий конструктор		Дроздов А.А.	6.1.3
инженер		Дятлов С.А.	6.1.2
инженер		Желубенкова А.Б.	6.1.1
старший научный сотрудник, к.н.		Жуков Б.С.	6.1.1, 6.1.2, 6.1.3
инженер		Каравеева Е.С.	6.1.2
программист		Клименко О.Я.	6.1.3
инженер		Кобелева А.А.	6.1.1
ведущий инженер		Коломеев Е.В.	6.1.1, 6.1.2
старший научный сотрудник, к.н.		Кондратьева Т.В.	6.1.1, 6.1.2
инженер		Корольков С.А.	6.1.3
ведущий инженер		Краснопевцева Е.Б.	6.1.3

главный специалист		Крупин А.А.	6.1.3
главный конструктор проекта		Куделин М.И.	6.1.3
конструктор		Курячая А.А.	6.1.2
программист		Лискив А.С.	6.1.1
ведущий конструктор		Лукин А.Н.	6.1.3
главный конструктор проекта		Муравьев В.М.	6.1.3
старший научный сотрудник, к.н.		Никитин А.В.	6.1.2
станочник широкого профиля 8 разряда		Панферов В.И.	6.1.3
главный конструктор проекта		Полянский И.В.	6.1.1, 6.1.2, 6.1.3
младший научный сотрудник		Прохорова С.А.	6.1.1
младший научный сотрудник		Сметанин П.С.	6.1.2
ведущий конструктор		Соловьева Е.А.	6.1.3
младший научный сотрудник		Строилов Н.А.	6.1.3
конструктор		Суворова Л.М.	6.1.2
инженер		Суворова Т.А.	6.1.1
ведущий конструктор		Суханова Э.А.	6.1.1, 6.1.2
конструктор		Устинов В.Д.	6.1.3
ведущий научный сотрудник, к.н.		Форш А.А.	6.1.1, 6.1.2, 6.1.3
инженер		Френкель Л.А.	6.1.3
программист		Хорохорин Д.И.	6.1.1
ведущий программист		Шамис В.А.	6.1.2
конструктор		Ширшова Н.Г.	6.1.2
младший научный сотрудник		Эльяшев Я.Д.	6.1.3

конструктор		Ядвичук Е.В.	6.1.3
-------------	---	--------------	-------

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ отдел 71

Должность, ученая степень, ученое звание	Подпись	ФИО	Номера разделов отчета в работе по которым принимал участие исполнитель
ведущий научный сотрудник дн		Золотарев В.В.	1.1.4

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ отдел Ц90

Должность, ученая степень, ученое звание	Подпись	ФИО	Номера разделов отчета в работе по которым принимал участие исполнитель
Спец. по учебно-методической работе		Есакова Е.А.	7.4
Заведующий НОЦ, к.н.		Садовский А.М.	7.4
зав аспирантурой		Шукина А.В.	7.4

РЕФЕРАТ

Отчет 132 с, 38 рис., 221 источник.

НАСТОЯЩИЙ ОТЧЕТ ПОСВЯЩЕН ОПИСАНИЮ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ, ПОЛУЧЕННЫХ В 2017 ГОДУ В РАМКАХ ТЕМЫ "МОНИТОРИНГ" (№ 0028-2014-005), ВЫПОЛНЯЮЩЕЙСЯ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ ИНСТИТУТОМ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. В ОТЧЕТЕ ПРИВОДЯТСЯ ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ, ЗАПЛАНИРОВАННЫХ НА 2017 ГОД ПО СЛЕДУЮЩИМ НАПРАВЛЕНИЯМ: "МОНИТОРИНГ-ТЕХНОЛОГИИ", "МОНИТОРИНГ-БИОСФЕРА", "МОНИТОРИНГ-КЛИМАТ", "МОНИТОРИНГА-ОКЕАН", "МОНИТОРИНГ-АТМОСФЕРА", "МОНИТОРИНГ-ЭФФЕКТ", "МОНИТОРИНГ-ИНФРАСТРУКТУРА".

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ, СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ, ПРИБОРЫ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ, КЛИМАТА, БИОСФЕРЫ И ОКЕАНА, АРХИВЫ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ РАБОТЫ СО СВЕРХБОЛЬШИМИ АРХИВАМИ ДАННЫХ.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ	2
РЕФЕРАТ	13
СОДЕРЖАНИЕ	14
ВВЕДЕНИЕ	20
РАЗДЕЛ 1 МОНИТОРИНГ-ТЕХНОЛОГИИ	22
Введение	22
1.1. Развитие методов и технологий автоматизированного ведения сверхбольших распределенных архивов спутниковых данных для обеспечения мониторинга и анализа состояния окружающей среды, природных и антропогенных объектов (в том числе, поддержек и повышения эффективности коллективной работы с архивами спутниковых данных ведущихся в ЦКП "ИКИ-мониторинг". (пункт 4.1.2 плана работ на 2017 г.)	23
<i>1.1.1 Анализ тенденций и определение приоритетных направлений развития технологий построения систем дистанционного мониторинга.</i>	23
<i>1.1.3 Развитие методов и технологий распределенного контроля и управления систем ведения сверхбольших архивов спутниковых данных.</i>	27
<i>1.1.3 Создание системы ведения архивов данных экспериментов по направлению "Исследования Земли" выполняемых на МКС.</i>	27
<i>1.1.4 Разработка методов ускорения процессов оптимизации характеристик помехоустойчивости алгоритмов МПД.</i>	29
1.2 Разработка новых методов и технологий, обеспечивающих работу с распределенными сверхбольшими архивами данных, в том числе позволяющих создавать системы распределенной обработки и анализа данных, а также позволяющих проводить анализ временных серий спутниковых наблюдений различного пространственного разрешения для решения комплекса задач исследований и мониторинга поверхности и недр Земли, ее гидросферы, атмосферы и биосферы (пункт 4.1.2 плана работ на 2017 г.)	29
<i>1.2.1 Создание системы Вега-Агрометеоролог</i>	29
<i>1.2.2 Информационная система "Аврора-Арктика" мониторинга и прогноза аврорального овала</i>	31
<i>1.2.3 Разработка автоматизированной технологии классификации треков в системе мониторинга морских биоресурсов с использованием современных дистанционного контроля.</i>	32
<i>1.2.4 Технология распределенной работы с пользовательскими информационными продуктами в информационных системах семейства "Созвездие-Вега"</i>	34
1.3 Разработка новых методов и технологий, обеспечивающих эффективную работу с распределенными сверхбольшими архивами спутниковых данных и результатов их обработки. В том числе создание инструментов для анализа и обработки спутниковых данных с использованием распределенных вычислительных ресурсов. (пункт 4.1.3 плана работ на 2017 г.)	34
<i>1.3.1 Инструменты для распределенного анализа информации о пожарах действовавших в 21 веке на территории России.</i>	34
<i>1.3.2 Система распределенного интерактивного детектирования лесных рубок в информационных системах дистанционного мониторинга лесных ресурсов.</i>	35
<i>1.3.3 Система интерактивного анализа спутниковых данных для оценки используемости сельскохозяйственных земель.</i>	38
<i>1.3.3 Создание блоков анализа данных спутников Sentinel 1 в информационных системах Вега-Созвездие.</i>	39

1.4 Обеспечение постоянной работы и развитие Центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа данных спутниковых наблюдений Института космических исследований Российской академии наук для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») (пункт 4.1.4 плана работ на 2017 г.)	40
1.4.1 <i>Ведение и развитие долговременных архивов данных спутниковых измерений физических характеристик окружающей среды для ее изучения и прогноза развития в условиях быстрых природных и антропогенных наблюдений.</i>	40
1.4.2 <i>Поддержка и развитие специализированных спутниковых сервисов, ориентированных на решение различных научных задач .</i>	45
Заключение	47
РАЗДЕЛ 2 МОНИТОРИНГ-БИОСФЕРА	48
Введение	48
2.1 Разработка научных подходов к построению автоматических и интерактивных методов потоковой обработки данных дистанционного зондирования со спутников для оценки характеристик наземных экосистем (пункт 4.2.1 плана работ на 2017 г.)	49
2.1.1 <i>Развитие метода оценки индекса листовой поверхности растительного покрова по данным ДЗЗ.</i>	49
2.1.2 <i>Сравнительный анализ распознаваемости озимых культур по оптическим и радарным данным ДЗЗ высокого пространственного разрешения</i>	51
2.2 Разработка новых подходов и методов спутникового мониторинга последствий воздействия негативных природных и антропогенных факторов на наземные экосистемы (пункт 4.2.2 плана работ на 2017 г.)	53
2.3 Создание методов прогнозирования динамики наземных экосистем на основе интеграции и ассимиляции в модели данных дистанционного зондирования со спутников (пункт 4.2.3 плана работ на 2017 г.)	55
2.4 Формирование на основе обработки данных дистанционного зондирования со спутников многолетних временных рядов характеристик состояния наземных экосистем России для оценки и мониторинга их ресурсно-экологического потенциала (пункт 4.2.4 плана работ на 2017 г.)	58
2.5 Оценка масштабов и исследование основных факторов динамики наземных экосистем России на основе геопространственного анализа многолетних временных рядов характеристик их состояния, полученных по данным дистанционного зондирования со спутников (пункт 4.2.6 плана работ на 2016 г.)	59
Заключение	61
РАЗДЕЛ 3 МОНИТОРИНГ-КЛИМАТ	63
Введение	63
3.1 Разработка научных основ и методов анализа глобальных спутниковых наблюдений для объективной оценки изменений окружающей среды и климата (пункт 4.3.1 плана работ на 2017 г.)	64
3.1.1 <i>Развитие методов изучения проявления климатических тенденций в системе океан-атмосфера и в структуре радиотеплового поля Земли с использованием данных микроволнового спутникового мониторинга – радиотепловидения. (пункт 4.3.1.1 плана работ на 2017 г.)</i>	64
3.1.2 <i>Проведение количественных исследований процессов переноса скрытого тепла в общей системе глобальной циркуляции атмосферы Земли на синоптических и климатически значимых масштабах, в частности, переноса скрытого тепла из Атлантики в Арктику в контексте проблемы изучения климатических и погодных изменений арктической зоны. (пункт 4.3.1.2 плана работ на 2017 г.)</i>	65
3.1.3 <i>Использование физической электродинамической модели радиоизлучения арктического ледяного покрова для изучения пространственно-временных характеристик</i>	

<i>различных регионов Северной полярной шапки по данным многочастотной микроволновой спутниковой радиометрии в контексте задач изучения изменчивости климатических параметров планеты. (пункт 4.3.1.3 плана работ на 2017 г.)</i>	67
<i>3.1.4 Проведение анализа изменения ледового покрова Арктики за период 1987-2019гг. на основе разработанного нового алгоритма (VASIA2) с использованием базы SSM/I и SSMIS изображений полярных районов POLE-RT-Fields, с привлечением многолетнего массива наблюдений за морским льдом. Проведение анализа ежегодной эволюции площади ледопокрытия и снежниц на арктическом морском льду за период 1987-2019гг. с помощью алгоритма VASIA2. и нелинейного регрессионного анализа временных стохастических рядов площади ледопокрытия. (пункт 4.3.1.4 плана работ на 2017 г.)</i> ..	69
<i>3.1.5 Развитие методов научного прогноза изменения климатического состояния системы океан-атмосфера в Арктике и в тропической зоне Земли под воздействием природных факторов на основе современных и перспективных спутниковых комплексов (пункт 4.3.1.5 плана работ на 2017 г.)</i>	70
<i>3.1.6 Разработка дифференциальных радиотепловых методов и технологического облика космической системы для определения высотных профилей температуры и влажности атмосферы по радиотепловым измерениям; разработка, в том числе выпуск окончательного эскизного проекта КЭ «Конвергенция». (пункт 4.3.1.6 плана работ на 2017 г.)</i>	71
3.2 Разработка научных подходов организации дистанционного мониторинга природных катастрофических явлений, риска их возникновения и их последствий (ураганов, извержения вулканов, землетрясений и др.) (пункт 4.3.2 плана работ на 2016 г.)	73
<i>3.2.1 Создание научных баз данных глобального тропического циклогенеза за 1983 -2019гг. и базы радиотепловых данных за 1987-2019гг. модернизированных микроволновых комплексов по программе DMSP и последующих программ. (пункт 4.3.2.1 плана работ на 2017 г.)</i>	73
<i>3.2.2 Разработка научных подходов и методов к организации мониторинга вулканической активности с помощью современных систем и технологий спутниковых наблюдений В том числе разработка новых методов в оценки характеристик извержений на основе комплексного анализа результатов математического моделирования динамики распространения пепловых шлейфов и данных спутниковых наблюдений (совместно с ИВиС ДВО РАН и ВЦ ДВО РАН) (пункт 4.3.2.2 плана работ на 2017 г.)</i>	74
Заключение	75
РАЗДЕЛ 4 МОНИТОРИНГ-ОКЕАН	76
Введение	76
4.1 Развитие и экспериментальная апробация методик микроволновых исследований нелинейной динамики в прибрежной зоне моря на основе современных радиолокационных и скаттерометрических микроволновых комплексов (пункт 4.4.1 плана работ на 2017 г.)	76
4.2 Разработка методик и проведение экспериментальных исследований нелинейной динамики спектральных компонент морского волнения методами пассивной и активной радиополяриметрии для решения задач экологического мониторинга (пункт 4.4.2 плана работ на 2017 г.)	76
4.3 Разработка и создание микроволнового радиометрического комплекса нового поколения для измерения параметров океана и атмосферы. (пункт 4.4.3 плана работ на 2017 г.)	79
4.4 Совершенствование методик обработки и совместного анализа данных новейших микроволновых сенсоров космического базирования и апробация их для решения задачи контроля экологического состояния морей российской Арктики (пункт 4.4.4 плана работ на 2017 г.)	82

4.5 Совершенствование и апробация методов количественной оценки и изменения экологического состояния больших морских акваторий, включая арктические районы, на основе многолетних данных дистанционного зондирования из космоса. (пункт 4.4.5 плана работ на 2017 г.)	84
Заключение	85
РАЗДЕЛ 5 МОНИТОРИНГ-АТМОСФЕРА	86
Введение	86
5.1 Разработка научных основ и автоматизированных методов и технологий обработки временных серий спутниковых наблюдений различного пространственного разрешения для решения комплекса задач исследований и мониторинга атмосферы. (пункт 4.5.1 плана работ на 2017 г.)	86
5.1.1. <i>Описание развитой гидродинамической турбулентности на основе квантово-полевого подхода</i>	86
5.1.2. <i>Идентификация облаков ФАВ в приземном слое атмосферы по данным космической съёмки</i>	87
5.2 Развитие теоретических моделей, анализ физических механизмов, разработка и применение алгоритмов обработки натурных данных в целях мониторинга и прогноза состояний атмосферы, включая выявление закономерностей формирования и последующей динамики мощных вихревых структур в атмосфере Земли с учетом зональных ветров, фазовых переходов влаги. (пункт 4.5.2 плана работ на 2017 г.)	87
5.2.1 <i>Расчеты на основе малопараметрической модели динамики крупномасштабного циклогенеза при вариациях фоновой обстановки</i>	88
5.2.2. <i>Моделирование прохождения крупномасштабных ВГВ из тропосферы в ионосферу</i>	89
5.3. Развитие методик анализа характеристик электрической турбулентности в грозовой облачности для выявления ее роли в динамике долгоживущих спиральных вихрей. (пункт 4.5.3 плана работ на 2017 г.)	89
5.3.1. <i>Модель структурных функций электрической турбулентности атмосферы с учетом когерентных структур и перемежаемости</i>	89
5.3.2. <i>Плазменные структуры в атмосфере и их роль в генерации вихревых структур</i>	90
5.4. Разработка и применение алгоритмов обработки натурных данных, средств исследований состояний атмосферы, в том числе методик дистанционного определения характеристик облачности на основе измерений собственного ИК-излучения атмосферы и отраженной солнечной радиации. (пункт 4.5.4 плана работ на 2017 г.)	90
5.4.1. <i>Сравнительный анализ признаков изображения для выбора алгоритма оперативного автоматического распознавания облачности на борту космического аппарата</i>	91
5.4.2. <i>Развитие методов определения микрофизических свойств рассеивающих сред, включая атмосферу, на основе использования двухпозиционных схем лидарного зондирования. Ненормализованные моменты для поперечных сечений в задаче определения минимального набора параметров, определяющих микроструктуру рассеивающей среды</i>	92
5.5 Развитие методов определения микрофизических свойств рассеивающих сред, включая атмосферу, на основе использования двухпозиционных схем лидарного зондирования. (пункт 4.5.5 плана работ на 2017 г.)	92
5.5.1. <i>Ненормализованные моменты для поперечных сечений в задаче определения минимального набора параметров, определяющих микроструктуру рассеивающей среды.</i>	92
5.5.2. <i>Разработка и применение алгоритмов обработки натурных данных, средств исследований состояний атмосферы, в том числе методик дистанционного определения характеристик облачности на основе измерений собственного ИК-излучения атмосферы и отраженной солнечной радиации</i>	93

5.6 Развитие теоретических моделей, анализ физических механизмов в целях разработки современных средств исследований гидросферы и атмосферы, в том числе для выявления в системе долгопериодических вариаций и зависимости их от внешних факторов. (пункт 4.5.6 плана работ на 2017 г.)	93
5.6.1. Анализ динамики тропического циклогенеза на основе модели RAMS	94
5.6.2. Влияние взаимодействий в гидродинамической турбулентности, нарушающих симметрию компонент спиральности разных знаков	94
5.6.3. Продолжение экспериментальных исследований и разработка теоретической модели статистических характеристик турбулентных пульсаций давления и турбулентных шумов на обтекаемой потоком поверхности.	94
5.6.4. Угловое распределение спектральной яркости в инфракрасном диапазоне спектра в области горизонта	95
5.6.5. Вариабельность нейтронного фона в атмосфере	96
Заключение	96
РАЗДЕЛ 6 МОНИТОРИНГ-ЭФФЕКТ	98
Введение	98
6.1. Разработка методов и средств первичной обработки данных действующих и перспективных российских спутниковых приборов ДЗЗ. (пункт 4.6.1 плана работ на 2017г.)	98
6.1.1. Полетная радиометрическая калибровка КМСС-М на КА «Метеор-М» №2	98
6.1.2. Полетная геометрическая калибровка КМСС-М на КА «Метеор-М» №2	99
6.1.3. Разработка методов и средств дистанционной спутниковой стереоскопической съемки поверхности Земли и других планет с использованием современных широкоформатных цифровых датчиков изображения с активным пикселем, построенных по КМОП технологии	100
Заключение	104
РАЗДЕЛ 7 МОНИТОРИНГ-ИНФРАСТРУКТУРА	105
Введение	105
7.1. Проведение ежегодной конференций "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса" (пункт 4.7.1 плана работ на 2017 г.)	105
7.2. Выпуск журнала "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса" (пункт 4.7.2 плана работ на 2017 г.)	106
7.3. Проведение международных Школ-семинаров «Спутниковые методы и системы исследования Земли» (пункт 4.7.3 плана работ на 2017 г.)	106
7.4. Проведение работ по подготовке и повышению квалификации кадров на базе Научно-образовательного центра ИКИ РАН (2017-2019 год). (пункт 4.7.4 плана работ на 2017 г.) В том числе :	107
7.4.1 Проведение Всероссийских научных школ-конференций по фундаментальным проблемам дистанционного зондирования Земли из космоса. (пункт 4.7.4.1 плана работ на 2017 г.)	107
7.4.2 Проведение конкурса работ молодых ученых, работающих в области дистанционного мониторинга Земли, природных и антропогенных процессов; (пункт 4.7.4.2 плана работ на 2017 г.)	107
7.4.3 Научно- методическое обеспечение работ базовых кафедр ИКИ РАН и образовательных курсов проводимых специалистами ИКИ РАН по направлению "Дистанционного зондирования и Исследования Земли из Космоса". (пункт 4.7.4.3 плана работ на 2017 г.)	107
7.3.4 Участие в проведения дней "открытых дверей", и экскурсий в ИКИ РАН, а также и научно-образовательных лекций для школьников, студентов и аспирантов в части представления возможностей направления "Дистанционного зондирования и Исследования Земли из Космоса" (пункт 4.7.4.4 плана работ на 2017 г.)	107

Заключение	108
РАЗДЕЛ 8 ОСНОВНЫЕ ДИСТИЖЕНИЯ ГОТОВЫЕ К СПОЛЬЗОВАНИЮ	109
Введение	109
8.1 Создание и внедрение технологии использования данных геостационарных систем ДЗЗ нового поколения для решения задач мониторинга вулканической активности. .	109
РАЗДЕЛ 9 ГРАНТЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ МОНИТОРИНГ	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	112
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	113

ВВЕДЕНИЕ

В Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) в рамках государственного задания (Часть 2 Государственные работы) проводятся фундаментальные и прикладные исследования планеты Земля. Научно-исследовательские (НИР) и опытно-конструкторские работы (ОКР) проводятся в соответствии со следующими направлениями, указанными в Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013 - 2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 03 декабря 2012 г., № 2237-р

п/п	Направление фундаментальных исследований	Номер направления в «Программе»
1	Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии.	138
2	Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества	137

Работы ведутся в рамках темы "Мониторинг" - Разработка методов и технологий спутникового мониторинга для научных исследований глобальных изменений и обеспечения безопасности (Гос. Регистрация № 01.20.0.2.00164).

Тема "Мониторинг" посвящена разработке научных основ, методов и технологий спутникового мониторинга для планеты Земля, а также исследованиям различных процессов, происходящих на нашей планете, с помощью современных методов дистанционного зондирования. В рамках темы проводятся исследования в следующих основных направлениях:

- **«Мониторинг-технологии»** – Разработка и совершенствование научных основ, методов, технологий и систем работы с данными дистанционных (спутниковых) наблюдений Земли для решения научных и прикладных задач.
- **«Мониторинг-биосфера»** Разработка и совершенствование научных основ и методов спутникового мониторинга наземных экосистем для научных исследований изменений биосферы, решения задач рационального природопользования и охраны окружающей среды. Исследование глобальных процессов, происходящих в биосфере.
- **«Мониторинг-климат»** Разработка и совершенствование научных основ использования данных дистанционного зондирования из космоса, для контроля изучения климатических процессов и опасных природных явлений.
- **«Мониторинг-океан»** Разработка и совершенствование научных основ использования данных дистанционного зондирования из космоса для контроля экологического состояния системы океан-атмосфера и оценки параметров опасных природных и антропогенных явлений.
- **«Мониторинг-Атмосфера»** Разработка научных основ для создания методов, технологий и средств исследования атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы; численное моделирование.

- **«Мониторинг-Эффект»** Разработка научных основ повышения качества данных и систем спутниковых наблюдений.
- **«Мониторинг-Инфраструктура»** Проведение научных мероприятий и издательская деятельность

Настоящий отчет посвящен описанию основных результатов работ, полученных в рамках данных направлений в 2017 году, которые выполнялись в соответствии с планом научных работ ИКИ РАН. Результаты, полученные по каждому из этих направлений, представлены в соответствующих разделах настоящего отчета.

РАЗДЕЛ 1 МОНИТОРИНГ-ТЕХНОЛОГИИ

Введение

Раздел 1 ("Мониторинг-технологии") темы "Мониторинг" посвящен вопросам, связанным с разработкой и совершенствованием научных основ, методов, технологий и систем работы с данными дистанционных (спутниковых) наблюдений Земли для решения научных и прикладных задач.

В настоящей главе отчета представлены основные результаты работ, полученные по следующим разделам плана работ ИКИ РАН на 2016 год:

- Разработка методов и технологий полностью автоматизированной обработки спутниковых данных для решения задач контроля состояния и исследования окружающей среды для действующих и перспективных спутниковых систем ДЗЗ.
- Развитие методов и технологий автоматизированного ведения сверхбольших распределенных архивов спутниковых данных для обеспечения мониторинга и анализа состояния окружающей среды, природных и антропогенных объектов (в том числе, поддержка и повышения эффективности коллективной работы с архивами спутниковых данных ведущихся в ЦКП "ИКИ-мониторинг")
- Разработка новых методов и технологий, обеспечивающих эффективную работу с распределенными сверхбольшими архивами спутниковых данных и результатов их обработки. В том числе, создание инструментов для анализа и обработки спутниковых данных с использованием распределенных вычислительных ресурсов.
- Обеспечение постоянной работы и развитие Центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа данных спутниковых наблюдений Института космических исследований Российской академии наук для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды (ЦКП «ИКИ-Мониторинг»). В том числе:
 - ведение и развитие долговременных архивов данных спутниковых измерений физических характеристик окружающей среды для ее изучения и прогноза развития в условиях быстрых природных и антропогенных наблюдений
 - поддержка и развитие специализированных спутниковых сервисов, ориентированных на решение различных научных задач

Основные результаты, полученные в рамках данных работ, описаны в соответствующих параграфах настоящей главы. Подробно полученные в данном направлении результаты изложены в следующих научных публикациях [26, 31, 62-72, 77-79, 82, 84, 85, 87, 90, 93, 102-104, 106, 107, 110, 111, 120, 122, 123, 129, 130, 133-137, 142-147, 150-152, 213-221]

1.1. Развитие методов и технологий автоматизированного ведения сверхбольших распределенных архивов спутниковых данных для обеспечения мониторинга и анализа состояния окружающей среды, природных и антропогенных объектов (в том числе, поддержек и повышения эффективности коллективной работы с архивами спутниковых данных ведущихся в ЦКП "ИКИ-мониторинг". (пункт 4.1.2 плана работ на 2017 г.)

В рамках настоящего направления в 2017 году проводились работы по созданию и совершенствованию методов построения сверхбольших распределенных архивов спутниковых данных и результатов их обработки, а также технологий построения и поддержки сверхбольших распределенных систем дистанционного мониторинга, ориентированных на решение различных научных и прикладных задач. В рамках данного направления были выполнены работы, краткое описание которых приведено в настоящем разделе.

Тенденции развития подходов к построению систем дистанционного мониторинга.

1.1.1 Анализ тенденций и определение приоритетных направлений развития технологий построения систем дистанционного мониторинга.

Взрывной рост информационных возможностей современных систем ДЗЗ привел к резкому расширению областей их применения. В частности, в нашей стране и за рубежом стали активно развиваться и внедряться различные научные и прикладные системы спутникового мониторинга. При этом, несмотря на создание и быстрое развитие технологий, позволяющих быстро создавать различные блоки таких информационных систем и эффективно их поддерживать, развивать и обслуживать, создание специализированных систем дистанционного мониторинга требует значительных финансовых ресурсов. В то же время, развитие технологий создания и поддержки распределенных информационных систем позволило начать менять подходы к использованию технических и, в первую очередь, вычислительных ресурсов, которые во многих случаях позволяют сократить финансовые и временные расходы на создание и внедрение современных систем дистанционного мониторинга.

В то же время следует отметить, что сегодня сложилась достаточно устойчивая обобщенная схема организации работы со спутниковыми данными в различных СДМ, которая представлена на рис 1.1.1. Важно также отметить, что если в составе основных блоков в последние годы не происходит значительных изменений, то их функциональность, технологии и подходы к построению постоянно развиваются. Для того чтобы определить основные направления изменений была проанализирована их эволюция и выделены наиболее характерные стадии развития. Кратко рассмотрим основные особенности данных стадий.

Стадия 1. На данной стадии для создания конкретной СДМ физически строилась вся техническая инфраструктура работы с данными, начиная с центров приема и обработки спутниковых данных и заканчивая центрами архивации и распространения спутниковой информации и результатов ее обработки. Это требовало значительных капиталовложений и времени для создания специализированных систем дистанционного мониторинга. Кроме того, по мере появления новых КА ДЗЗ, для того чтобы обеспечить работу с поступающими с них данными в конкретной СДМ, требовалось проведение дооснащения центров, принадлежащих СДМ. Также следует отметить, что подобная схема построения СДМ ведет к тому, что поддержка функционирования СДМ также становится достаточно дорогостоящей, поскольку нужно поддерживать фактически всю техническую инфраструктуру работы с данными, в том числе и несколько центров приема и обработки информации, что необходимо в тех случаях, когда нужно осуществлять оперативный мониторинг значительных территорий. На основе такого подхода в России изначально строились информационные системы спутникового мониторинга Росгидромета и информационная система спутникового мониторинга чрезвычайных ситуаций МЧС.

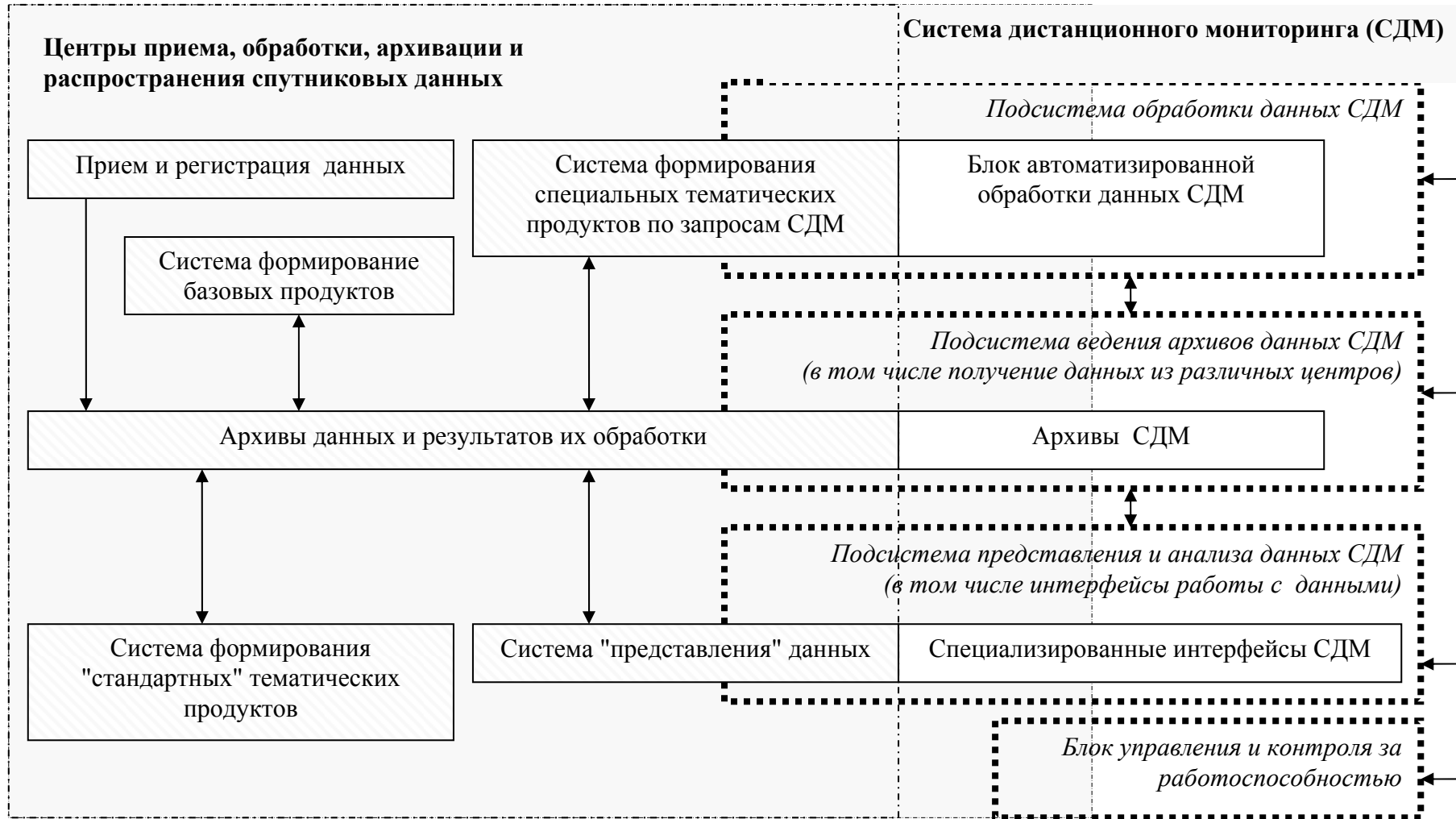


Рисунок 1.1.1 - Обобщенная схема организации работы со спутниковыми данными в СДМ

Стадия 2. На данной стадии стало понятно, что нет необходимости создавать специализированные центры приема и обработки спутниковых данных для реализации конкретной СДМ. Стало возможным использовать ресурсы уже существующих крупных многофункциональных центров приема. Это позволило значительно снизить начальные капиталовложения и время для создания специализированных систем дистанционного мониторинга. Кроме того, отпала необходимость проводить дорогостоящую техническую доработку и дооснащение центров, принадлежащих СДМ, по мере появления новых КА ДЗЗ. В то же время, на данной стадии центры приема могли обеспечить преимущественно предоставление исходной, фактически полусырой информации в системы обработки конкретной СДМ. Поэтому в рамках конкретной СДМ приходилось создавать фактически всю цепочку обработки данных и СДМ должна была размещать свои ресурсы на территории центров приема для того, чтобы избежать необходимости перекачки значительных объемов исходных спутниковых данных (телеметрии). Также в центрах приходилось размещать вычислительные ресурсы СДМ для решения задач специальной (тематической) обработки данных и обеспечения доступа к данным пользователей СДМ. Подобная схема построения также требовала существенных начальных затрат и достаточно сложной технологии поддержки СДМ. Изначально на основе такой схемы создавалась, например, Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз). Отсутствие необходимости создания собственных центров приема позволило запустить первую версию системы в промышленную эксплуатацию менее чем через год с начала работ по ее созданию.

Стадия 3. Существенным шагом на данной стадии стало то, что многие центры приема создали у себя полностью автоматизированные системы первичной обработки данных, позволяющие формировать базовые информационные продукты, необходимые для проведения специальной тематической обработки данных в интересах специализированных СДМ. Это позволило снять с СДМ задачи первичной обработки данных и сосредоточить внимание только на решении задач тематической обработки при их создании. Это также позволило снизить начальные капиталовложения и время создания специализированных систем дистанционного мониторинга. В то же время, на данной стадии оставалась необходимость размещать в центрах вычислительные ресурсы СДМ для решения задач специальной (тематической) обработки данных и обеспечения доступа к данным пользователей СДМ. Подобная схема построения СДМ несколько упростила как начальный этап создания специализированных СДМ и их эксплуатацию, так и этапы развития СДМ, связанные с включением в них информации, поступающей от новых КА ДЗЗ (отпала необходимость создания процедур первичной обработки данных под каждый КА ДЗЗ). По подобной схеме строилась, например, система мониторинга вулканической активности Камчатки и Северных Курил.

Стадия 4. Существенным шагом на данной стадии стало то, что центры приема стали предоставлять не только возможности получения данных, но и вычислительные ресурсы для размещения специальных процедур работы с данными в интересах СДМ и сервисы по оперативному представлению различных тематических продуктов. Это позволило существенно снизить как начальные капиталовложения и время создания специализированных систем дистанционного мониторинга, так и существенно упростить их эксплуатацию. Это также позволяет использовать внешнюю техническую поддержку для обеспечения работы системы, что во многих случаях может быть предпочтительно (в первую очередь из-за возможности использования высококвалифицированного персонала для организации поддержки и текущего развития СДМ, который может выбираться на конкурсной основе). На основе подобной схемы в настоящее время организована, например, работа со спутниковыми данными в Информационной системе дистанционного

мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз).

Стадия 5. Существенным шагом на данной стадии стало то, что появились возможности эффективной поддержки сложных распределенных информационных систем, в том числе стало возможно не создавать собственные вычислительные центры, обеспечивающие работу с большими объемами данных, а арендовать такие мощности в распределенных датацентрах. Это позволило начать уходить от создания собственных вычислительных узлов СДМ, и перейти на создание таких узлов на арендованном оборудовании в датацентрах. Такой подход позволяет принципиально снизить начальные капиталовложения и время создания СДМ, а также существенно повысить устойчивость работы всех его элементов. Данный путь, видимо, будет активно использоваться в ближайшие годы.

Отметим, что реализация подхода, представленного на пятой стадии, стала возможной лишь в последние годы после появления технологий, позволяющих эффективно использовать в работе конкретной СДМ информационные и вычислительные ресурсы различных центров представления спутниковой информации и других СДМ. Это позволяет существенно сократить ресурсы, необходимые для создания специализированных СДМ. Фактически, современные СДМ могут создаваться и эксплуатироваться на основе использования уже имеющихся ресурсов, которые могут предоставляться СДМ, как сервисы. В пределе, при таком подходе в интересах конкретных СДМ необходимо лишь создавать специализированные процедуры и интерфейсы работы с данными, которые могут функционировать, используя не принадлежащие СДМ информационные и вычислительные ресурсы, фактически получая в аренду вычислительные мощности и подписываясь на сервисы предоставления данных. Это, в конечном итоге, должно позволить существенно сократить расходы, как на создание, так и на эксплуатацию многих специализированных СДМ.

Современные тенденции построения систем работы с данными дистанционного мониторинга показывают, что наиболее целесообразным вариантом их создания является развитие крупных центров, обеспечивающих ведение архивов данных и проведение как минимум первичной обработки данных для получения базовых продуктов, и создания на их основе тематических, специализированных систем, обеспечивающих необходимую тематическую обработку и специфические инструменты для работы с результатами такой обработки. Такой подход позволяет минимизировать повторяющиеся этапы разработки, снизить затраты ресурсов на разработку и поддержку системы и сконцентрировать усилия разработчиков на специфических проблемах для решения конкретной задачи. Все это приводит к необходимости специализированной информационной среды, которая в перспективе могла бы служить основой для разработки различных специализированных научных и прикладных информационных систем дистанционного мониторинга. Разработка такой среды может быть выполнена, например, в рамках проектов, направленных на развитие Единой территориально распределенной системы работы с данными ДЗЗ (ЕТРИС ДЗЗ), которая в настоящее время активно развивается в России. В рамках работ, проведенных в 2017 году в ИКИ РАН, были выработаны требования к такой среде, определены ее потенциальные возможности и приоритетные направления работ, которые должны обеспечить возможность ее создания. Также был проведен анализ технических возможностей создания подобной среды и ее возможное влияние на расширение областей применения методов и технологий ДЗЗ. На основе выполненных работ были подготовлены предложения в эскизные проекты развития различных элементов ЕТРИС ДЗЗ.

1.1.3 Развитие методов и технологий распределенного контроля и управления систем ведения сверхбольших архивов спутниковых данных.

В настоящее время ведение сверхбольших распределенных архивов спутниковых данных является достаточно трудоемкой задачей, требующей обеспечения постоянного функционирования сложных распределенных систем для сбора, обработки, архивации и доступа к спутниковым данным. Такие системы представляют собой сложные программно-аппаратные комплексы, в работе которых участвуют многие десятки компьютеров различного назначения, функционирующих в автоматизированном режиме. Обеспечение бесперебойной работы таких систем требует создания и использования специальных технологий распределенного контроля функционирования и управления различными вычислительными и программными ресурсами и соответствующее им программное обеспечение. Подобные технологии начали создаваться в ИКИ РАН более 10 лет назад. Однако с ростом числа одновременно поддерживаемых систем и их сложности возникает необходимость существенного развития используемых подходов и программного обеспечения. Следует отметить, что в настоящее время наряду с задачами обеспечения бесперебойной работы распределенных систем, обеспечивающих работу со сверхбольшими объемами спутниковых данных, все острее встает задача повышения качества их функционирования, что может быть достигнуто за счет более оптимального использования имеющихся ресурсов и устранения «узких» мест, ограничивающих возможности поддерживаемых систем. Для этого кроме собственно инструментов контроля должны быть также реализованы специальные программные средства для анализа работы различных компонент системы. Для решения данных задач в ИКИ РАН были созданы и введены в 2017 году в опытную эксплуатацию новые специализированные программные интерфейсы с использованием VI-технологий, предназначенные для управления и контроля различными блоками распределенных систем ведения сверхбольших распределенных архивов спутниковых данных, которые также ориентированы на проведение анализа и оптимизации работы различных подсистем распределенных программно-аппаратных комплексов.

1.1.3 Создание системы ведения архивов данных экспериментов по направлению "Исследования Земли" выполняемых на МКС.

На борту МКС ведется значительное число научных космических экспериментов (КЭ), направленных на наблюдение и изучение Земли из космоса. К сожалению, до последнего времени информация, получаемая в ходе этих экспериментов, была в большой степени не упорядочена и массовое ее получение и использование в различных научных целях сильно затруднено. Поэтому для обеспечения возможности эффективной работы с данной информацией, в первую очередь для проведения ее совместного анализа с информацией, поступающей от различных спутниковых систем наблюдения Земли, специалистами ИКИ РАН, РКК «Энергия» и Института географии РАН была создана технология получения, архивации и предоставления данных КЭ в информационных системах семейства «Созвездие-ВЕГА». В 2017 году в рамках ЦКП "ИКИ-Мониторинг" также была создана специализированная база данных для хранения информации наблюдения Земли, поступающей с МКС, и начато массовое наполнение ее данными, получаемыми в КЭ "Ураган", задачей которого является отработка аппаратуры и методов исследования Земли и изучение катастрофических явлений на земной поверхности и в атмосфере. Это позволило начать массовое представление и использование информации наблюдения Земли, получаемой на МКС, в информационных системах "Созвездие-Вега", ориентированных на обеспечение работы с данными в различных научных проектах и программах. Пример отображения информации об имеющихся в системе данных МКС приведен в информационной системе Вега-Science приведен на рис. 1.1.2 и рис.1.1.3

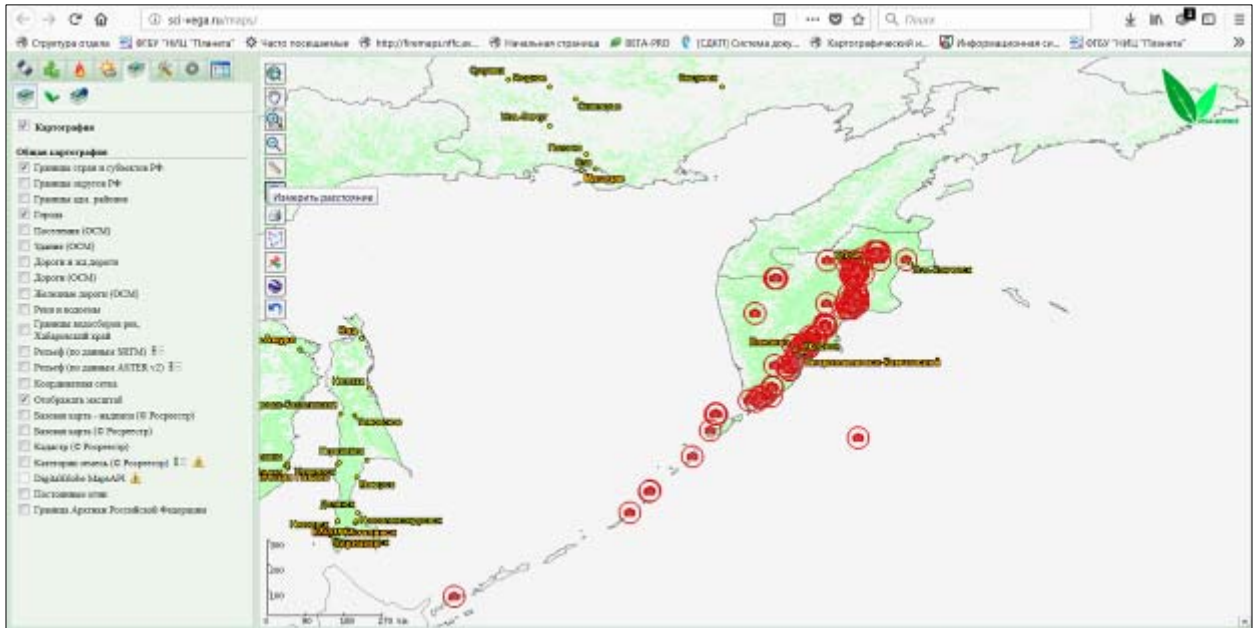


Рисунок 1.1.2 - Пример отображения информации в съемках вулканов полученных с МКС и интегрированных в систему Vega-Science.



Рисунок 1.1.3 - Съемка вулкана Шевелуч 11 июля 2017 года

1.1.4 Разработка методов ускорения процессов оптимизации характеристик помехоустойчивости алгоритмов МПД.

За 2017 год выполнены работы по созданию кодов, особенно эффективных при многопороговом декодировании. По результатам моделирования такого МПД установлено, что в наиболее конкурентном гауссовском канале МПД успешно работает при расстоянии до границы Шеннона 1 дБ. Этот результат недостижим для других алгоритмов с разумной сложностью реализации. При получении характеристик МПД при большом уровне шума были использованы созданные согласно плану работ методы ускорения процесса моделирования, степень ускорения которых составляла для разных параметров кода от 1,5 до 4-х раз.

Полученные результаты относятся к итоговым, которые завершают полный цикл исследований в области оптимизационных методов кодирования, уже сформированных как методы поиска глобальных экстремумов функционалов в специфических условиях дискретных пространств.

Результаты могут быть использованы при организации обмена данными между узлами сверхбольших распределенных архивов спутниковых данных ДЗЗ.

1.2 Разработка новых методов и технологий, обеспечивающих работу с распределенными сверхбольшими архивами данных, в том числе позволяющих создавать системы распределенной обработки и анализа данных, а также позволяющих проводить анализ временных серий спутниковых наблюдений различного пространственного разрешения для решения комплекса задач исследований и мониторинга поверхности и недр Земли, ее гидросферы, атмосферы и биосферы (пункт 4.1.2 плана работ на 2017 г.)

В рамках настоящего направления в 2017 году проводились работы по созданию и развитию специализированных информационных систем дистанционного мониторинга и их элементов, позволяющих распределенным научным коллективам проводить анализ и обработку данных в интересах исследования различных природных и антропогенных процессов.

Результаты основных работ, выполненных в данном направлении, кратко описаны в настоящем разделе.

1.2.1 Создание системы Вега-Агрометеоролог

Агрометеорология или сельскохозяйственная метеорология - наука, изучающая погоду и климат применительно к задачам сельского хозяйства, что не изучается ни одной из других сельскохозяйственных наук. Основными задачами агрометеорологии являются: исследование закономерностей формирования метеорологических и климатических условий сельскохозяйственного производства, разработка методов оценки влияния метеорологических факторов на развитие сельскохозяйственных культур, производство сельскохозяйственных работ, применение тех или иных агротехнических приемов, разработка методов агрометеорологических прогнозов для прогнозирования состояния посевов и оценки возможного урожая. В нашей стране ведущими организациями, осуществляющие научные исследования в области агрометеорологии, являются научные институты и центры Росгидромета.

Для решения задач агрометеорология использует как наземные данные, так и спутниковые данные. В первую очередь это метеорологические данные, получаемые с сети метеорологических станций и постов Росгидромета. Кроме метеорологических данных также важной частью являются наземные данные по наблюдению за состоянием и фазами развития растений на тестовых участках на специальной сети

агрометеорологических станций. Спутниковая информация специалистам агрометеорологам поступает обычно из специализированных центров Росгидромета или центров различных научных организаций (в том числе из ЦКП "Мониторинг"). При этом для каждого типа данных существует отдельное программное обеспечение для работы с ними, хранения и визуализации. Для решения множества задачи агрометеоролог вынужден использовать все виды данных, уметь работать с разным ПО для их анализа и каким-то образом проводить их совместный анализ. Поэтому достаточно остро стоит задача создания методов, подходов и систем, позволяющих проводить совместный анализ различных типов данных для решения задач, стоящих перед агрометеорологами. Решение этих задач должна обеспечить система Вега-Агрометеоролог (<http://agrometeo.geosmis.ru/>), которая создается и развивается в настоящее время совместно ИКИ РАН, Гидрометцентром России, НИЦ "Планета" и ВНИИСХМ. В 2017 году система Вега-Агрометеоролог была введена в опытную эксплуатацию.

Вега-Агрометеоролог это информационная система для комплексного распределенного анализа данных агрометеорологического мониторинга, которая использует только возможности стандартного браузера получать удаленный доступ к различным данным и проводить их совместный анализ. Наряду с наземными данными сервис позволяет использовать для анализа спутниковые данные, различные вегетационные индексы и даже спутниковые метеорологические продукты. Система обеспечивает совместный анализ регулярной спутниковой информации и данных наземных наблюдений по всей территории сельскохозяйственных земель России с учётом агроклиматического районирования. Сервис создан на базе платформы «Вега», разработанной в ИКИ РАН, используется архив данных Центра коллективного пользования спутниковыми данными – ЦКП «ИКИ-Мониторинг» и архив данных, доступных в Объединенной системе работы с данными "НИЦ "Планета". Основные особенности системы:

- интеграция спутниковой и наземной информации по большой территории;
- возможность предоставления оперативной и архивной информации по большой территории;
- высокий уровень автоматизации всех процессов обработки и представления информации, позволяющий легко расширять систему и включать в нее новые объекты мониторинга;
- развитый инструментарий для анализа информации и наличие различных вариантов предоставления информации;
- возможность контроля наземных данных, используя пространственный анализ и дополнительные данные, в том числе спутниковые.

В составе системы пользователям доступны данные спутниковых наблюдений среднего и высокого разрешения, полученные с метеорологических и природоресурсных КА, индексные данные для анализа состояния и динамики растительности, метеорологическая информация на регулярной сетке, в том числе прогнозная, а также данные наземных наблюдений с агрометеостанций по всей территории России. Обновление спутниковых данных происходит регулярно, от нескольких раз в сутки для отдельных наблюдений до ежесуточного для композитных и декадных данных. Обновление наземных данных происходит ежесуточно и ежедекадно.

Пример совместного анализа наземных данных и данных, полученных на основе спутниковых наблюдений (отклонение от "нормы" значений NDVI на пахотных землях) в системе Вега-Агрометеоролог, приведен на Рис. 1.2.1

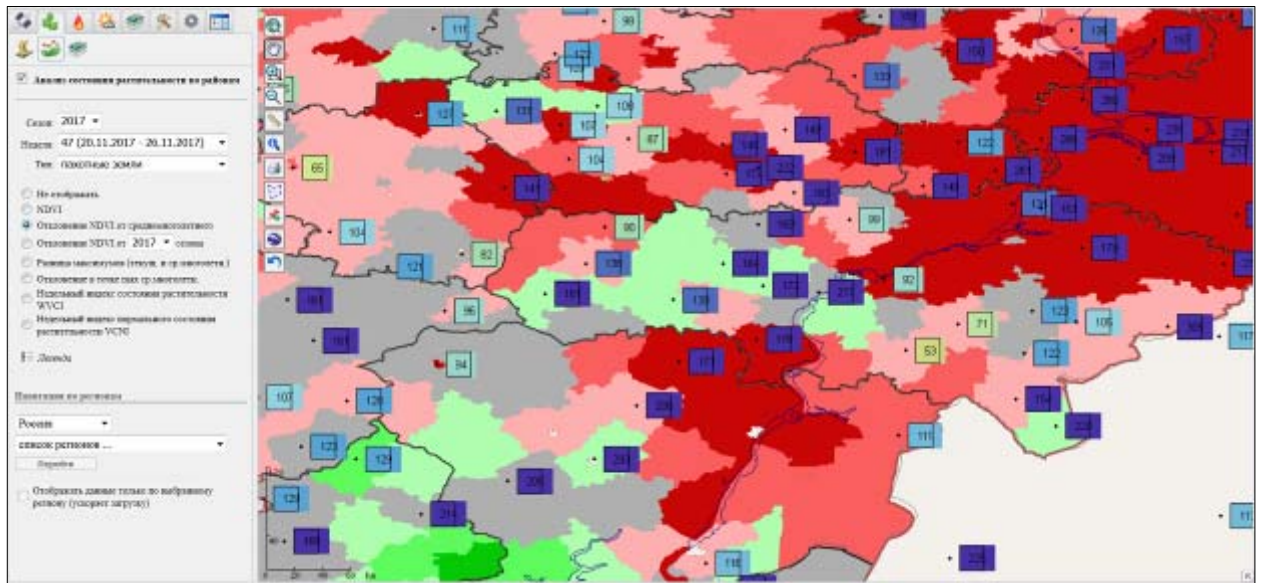


Рисунок 1.2.1 - Пример совместного анализа наземных данных и данных, полученных на основе спутниковых наблюдений (отклонение от "нормы" значений NDVI на пахотных землях) в системе Вега-Агрометеоролог

1.2.2 Информационная система "Аврора-Арктика" мониторинга и прогноза аврорального овала

Гелиогеофизическая обстановка на поверхности Земли (в ближнем космосе) формируется под действием солнечной активности, солнечного ветра, динамики магнитосферы Земли, отражающихся в изменениях геомагнитного поля, электромагнитных шумах, свойствах атмосферы и ионосферы. Приполярная (авроральная) зона наиболее подвержена внешним воздействиям, так как именно в этой зоне Земля «соединена» магнитным полем с наиболее динамичными зонами магнитосферы. Вариации ГГФО (прежде всего, аномальные), включающие в себя геомагнитные и геоэлектрические вариации, состояние ионосферы, радишумы, влияют на различные технические системы (радио, навигация, электросети, трубопроводы, геологоразведка, маркшейдерские работы и пр). Оперативная информация о полярных сияниях также представляет интерес для туристов.

Разработанная в ИКИ РАН и введенная в опытную эксплуатацию в 2017 году информационная система "Аврора-Арктика" (<http://dev.auroga.geosmis.ru/>) основана на постоянно пополняемых архивах данных наблюдений ионосферы Земли, полученных со спутников серии DMSP, показателей наблюдения солнечного ветра по данным NOAA, метеорологических данных, а также данных спутниковых наблюдений в оптическом диапазоне, полученных различными системами (MODIS, AVHRR и др.). Прогнозирование границ аврорального овала выполняется с помощью моделей Старкова и Петруковича.

Система позволяет интегрировать разнородные данные из любых источников на единой картографической основе, выполнять их совместный анализ и визуализацию.

Возможности визуализации и анализа данных системы предоставляются пользователям с помощью картографического интерфейса, основанного на разработанной в ИКИ РАН технологии GEOSMIS. Он обеспечивает поиск по архиву данных, управление параметрами отображения картографических слоев, выполнение запросов к базам данных.

Автоматизированное получение и хранение спутниковой информации организовано с использованием возможностей ЦКП "ИКИ-Мониторинг".

Пример совместного анализа спутниковых данных и результатов прогноза аврорального овала приведен на Рис 1.2.2

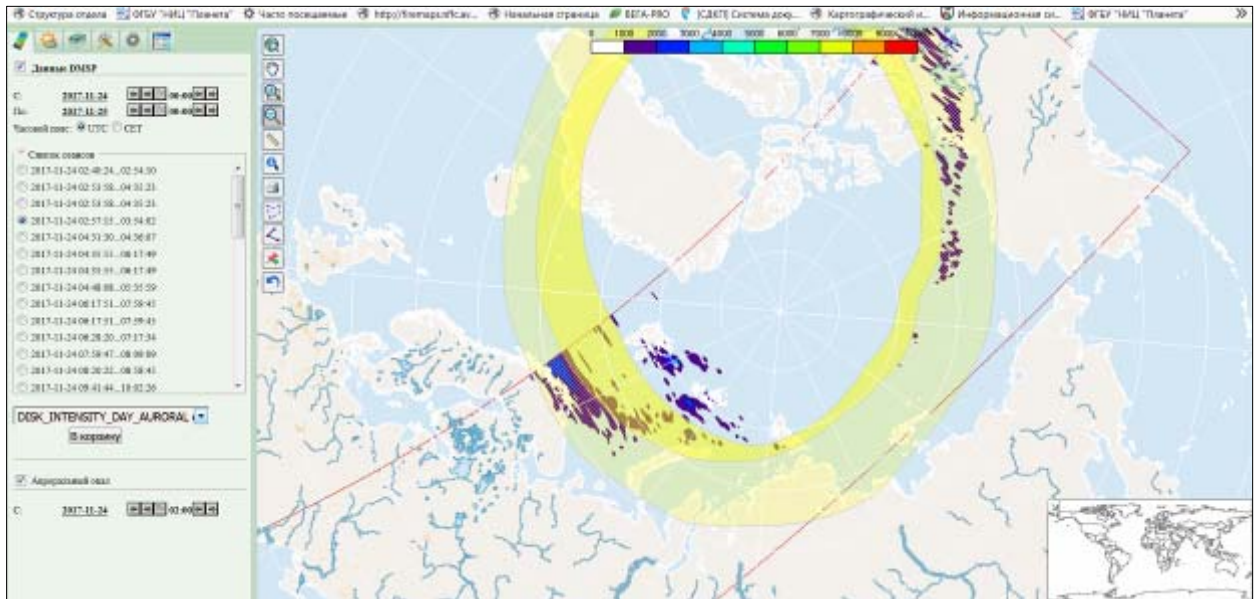


Рисунок 1.2.2 - Пример совместного анализа спутниковых данных и результатов прогноза аврального овала на 24.11.2017 2:00 GMT

1.2.3 Разработка автоматизированной технологии классификации треков в системе мониторинга морских биоресурсов с использованием современных дистанционного контроля.

Решение задач эффективного контроля промысла морских биологических ресурсов имеет большое научное и прикладное значение. При этом одной из задач контроля является определение промысловых операций, которые выполняют суда. Одной возможностью определения таких операций является анализ треков судов, фиксированных современными средствами дистанционного контроля.

До настоящего времени классификация треков судов в отраслевой системе мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ) проводится оператором визуально.

При невысокой частоте получения позиционных данных рассматривать возможность восстановления трека судна и далее проводить классификацию треков не представляется возможным.

В настоящее время в ОСМ начинают использоваться технические средства контроля, которые обеспечивают относительно высокую частоту определения позиций судна. В исследованиях, проведенных в ИКИ РАН в предыдущие годы, было показано, что при существующей точности определения координат терминала увеличение частоты опроса не приводит к существенным увеличениям возможности восстановления трека и что прямые методы усреднения для аппроксимации трека могут привести к ошибочной интерпретации действий судна.

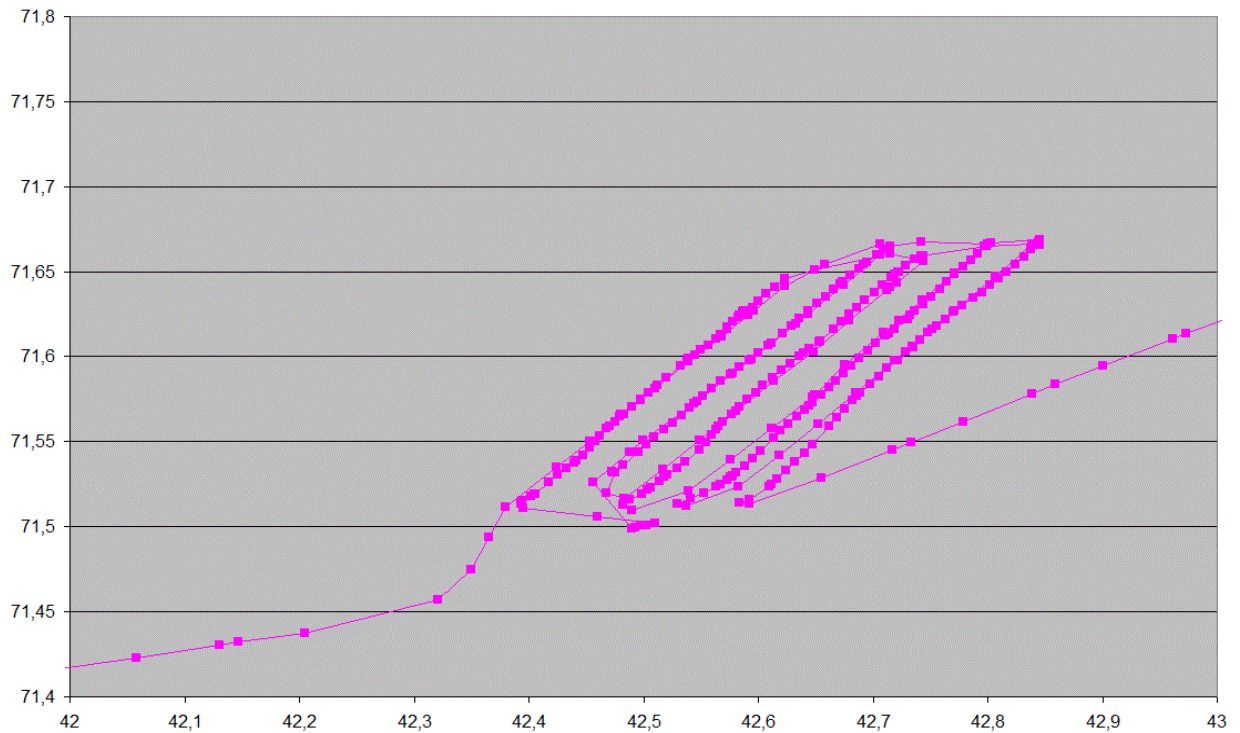


Рисунок 1.2.3 - Пример трека судна, полученный дистанционными средствами контроля при выполнении операции траления

В 2017 году в ИКИ РАН был разработан алгоритм и прототип программного блока для выделения отрезков между точками значительного снижения скорости и резкого разворота с последующей аппроксимацией трека на выделенных отрезках с использованием статистических методов. В пилотном проекте, в котором выполнялся анализ реальных данных, получаемых в ОСМ, показано, что при таком подходе треки успешно могут быть аппроксимированы между критическими точками как движение по окружности с относительно большим радиусом (в десятки раз превышающим длину судна), с тангенциальным ускорением соответствующим данным о мощности двигателя судна. Пример анализируемых треков приведен на рис. 1.2.3. Показано, что после выделения критических точек и аппроксимации движения судна между ними трек судна может быть отнесен к одной из следующих категорий:

- переход
- траление
- установка ловушек
- выборка ловушек
- перегруз.

Эти операции являются одними из самых важных при проведении мониторинга промысла морских биологических ресурсов. Поэтому разработанный алгоритм и прототип программного блока анализа данным могут стать основой для создания и внедрения в

составе ОСМ автоматизированной технологии контроля промышленных операций с использованием информации о траекториях движения промышленных судов, полученной дистанционными средствами контроля.

1.2.4 Технология распределенной работы с пользовательскими информационными продуктами в информационных системах семейства "Созвездие-Вега"

В современных системах, обеспечивающих работу со сверхбольшими распределенными архивами спутниковых данных и результатами их обработки, постоянно возникает задача обеспечения возможности интеграции в систему собственных информационных продуктов. Во многих случаях это необходимо для проведения комплексного анализа данных, предоставляемых системой, и информации пользователя, в том числе для обучения или выполнения верификации различных методов обработки и анализа данных, развиваемых в различных системах дистанционного мониторинга.

Основными особенностями разработанной в ИКИ РАН технологии работы в пользовательскими продуктами являются:

- возможность удаленной загрузки пользователями своих продуктов;
- организация хранения и работы с пользовательскими продуктами по тем же схемам, которые используются при организации ведения и работы со сверхбольшими распределенными архивами данных, используемыми информационными системами семейства Созвездие-Вега.
- возможность не только самостоятельной работы с информационными продуктами, но и их публикации (предоставление доступа к ним другим пользователям системы)

Технология работы с пользовательскими продуктами разработана на основе технологии UNISAT, предназначенной для построения унифицированных систем ведения сверхбольших распределенных архивов разнородных спутниковых данных. Для организации работы с пользовательскими продуктами был создан специальный раздел (вкладка) в картографических интерфейсах, использующихся для распределенной работы с данными в информационных системах семейства Созвездие-Вега.

1.3 Разработка новых методов и технологий, обеспечивающих эффективную работу с распределенными сверхбольшими архивами спутниковых данных и результатов их обработки. В том числе создание инструментов для анализа и обработки спутниковых данных с использованием распределенных вычислительных ресурсов. (пункт 4.1.3 плана работ на 2017 г.)

В рамках настоящего направления в 2017 году проводились работы по созданию различных методов и инструментов для распределенного анализа данных и технологий их построения, необходимых для решения различных научных и прикладных задач с использованием спутниковых данных и результатов их обработки.

Результаты основных работ, выполненных в данном направлении, кратко описаны в настоящем разделе.

1.3.1 Инструменты для распределенного анализа информации о пожарах действовавших в 21 веке на территории России.

В результате многолетних наблюдений территории России с использованием различных спутниковых систем в ЦКП "ИКИ-Мониторинг" накоплены многолетние архивы информации о природных пожарах и территориях, которые ими были пройдены в 21-веке. Имеющаяся в архивах информация позволяет не только оценивать площади, которые были пройдены лесными пожарами, но и анализировать, какими типами

растительности заняты территории, которые проходили лесные пожары, оценивать как пространственные, так и временные распределения площадей, пройденных огнем в различных регионах России. Такая информация может быть интересна для решения различных научных и прикладных задач, связанных с исследованием растительных экосистем. Интерес к работе с этой информацией проявляют научных коллективы, работающие в различных научных центрах на территории нашей страны и за рубежом. С учетом того, что для обеспечения возможности распределенной работы с описанной информацией необходимо создать инструменты, которые позволяли бы проводить ее анализ, в первую очередь получение различных характеристик, интегрированных как по пространству так и по времени. Следует отметить, что в последнее десятилетие достаточно быстро развивались различные технологии, связанные с созданием подобных инструментов для проведения анализа различной информации. Одними из наиболее быстро развивающихся в этом направлении технологий создания подобных инструментов являются VI-технологии (Business intelligence) (Палкин, 2013), основанные на построении хранилищ структурированной информации на основе OLAP (online analytical processing). Эти технологии сегодня позволяют строить достаточно сложные инструменты для онлайн анализа больших объемов информации. В 2017 году на основе этих технологий были созданы специальные инструменты, ориентированные на проведение количественной оценки влияния природных пожаров на различные виды растительного покрова, произрастающего на территории Российской Федерации. Для реализации этих инструментов были, в частности, разработаны методы преобразования данных, накопленных в архивах ЦКП "ИКИ-Мониторинг" в структурированную систему хранения, обеспечивающую возможность быстрой, динамической интеграции данных на различные объекты и временные интервалы, по которым ведется анализ. Пример одного из созданных инструментов (интерфейсов) приведен на рис. 1.3.1. В настоящее время созданные инструменты проходят тестирование в рамках ЦКП "ИКИ-Мониторинг".

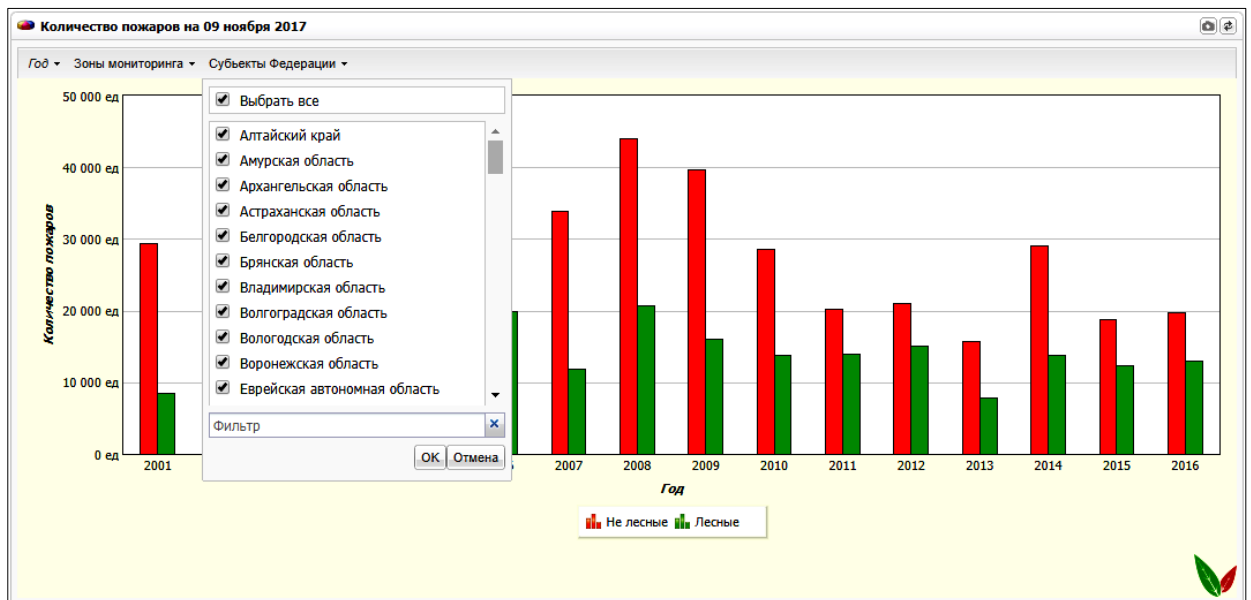


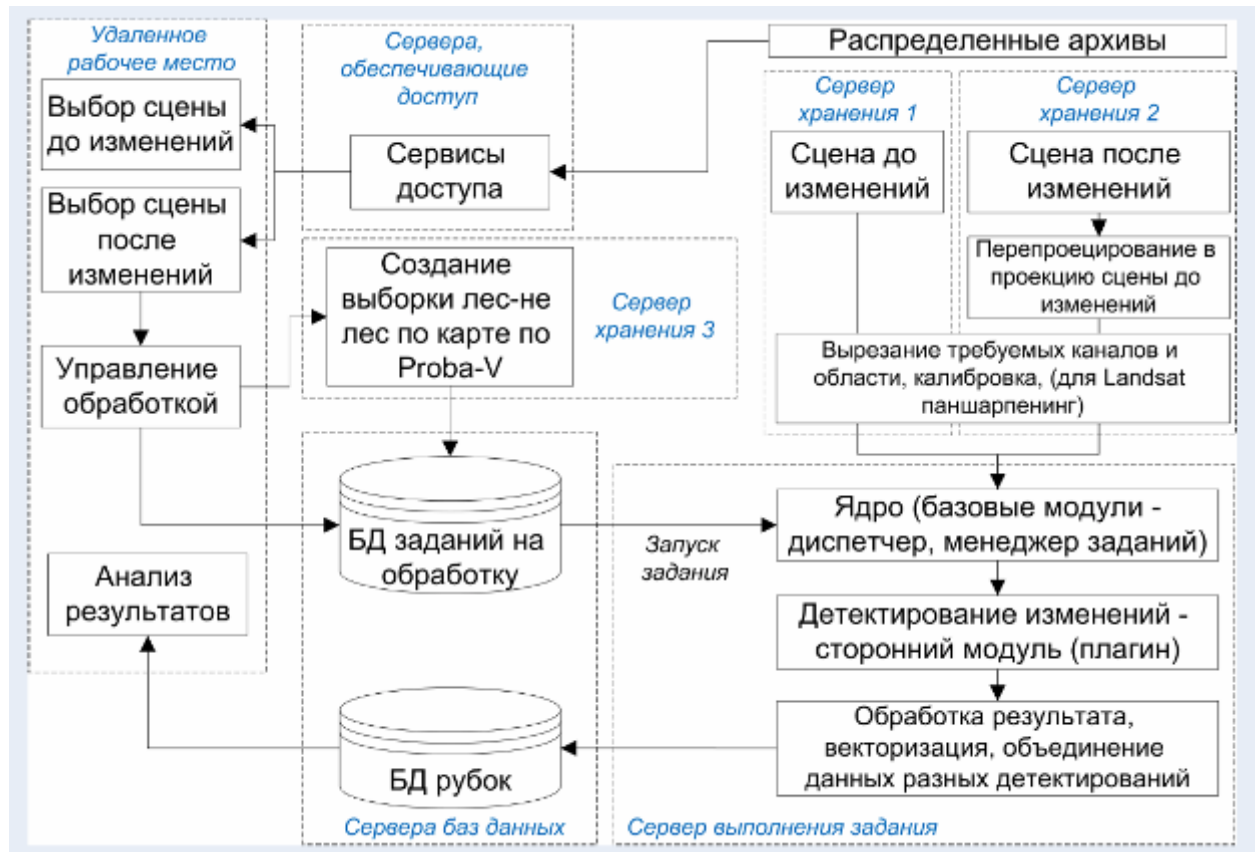
Рисунок 1.3.1 - Пример "Инструмент" для анализа площадей, пройденных лесными пожарами как по территории России в целом, так и по отдельным ее регионам

1.3.2 Система распределенного интерактивного детектирования лесных рубок в информационных системах дистанционного мониторинга лесных ресурсов

Одной из важных задач исследования и контроля экологического состояния лесов России, их контроля и исследования является получение объективной информации о

проводимых вырубках. В силу того, что лесозаготовки проводятся в различных регионах нашей страны на очень больших территориях, такая информация может быть получена только на основе спутникового дистанционного мониторинга. С учетом того, что задача устойчивого выявления рубок с использованием спутниковых данных на различных территориях в настоящее время не решена, актуальными остаются проведение разработок, которые направлены на создание различных методов и инструментов, позволяющих специалистам, работающим в области мониторинга и изучения лесных ресурсов, в максимально автоматизированном режиме и по стандартизированной схеме производить выделение рубок и анализировать полученную информацию. При этом следует учитывать, что задачами, связанными с мониторингом и изучением лесных ресурсов, занимается значительное количество научных групп и организаций, работающих в разных городах нашей страны. Поэтому необходимо создание систем, позволяющих проводить коллективную распределенную обработку и анализ информации.

Основной задачей данных систем является обеспечение получения стандартизированной, объективной и актуальной информации об использовании лесов. Разрабатываемые в составе таких систем инструменты и методы анализа данных должны ориентироваться не просто выборочный контроль отдельных мест рубок, а на возможность организации массового мониторинга всех районов страны, в которых ведется заготовка леса. Для решения данной задачи на основе разработанного в ИКИ РАН алгоритма интерактивного детектирования рубок (см. раздел 2 настоящего отчета) в 2017 году была разработана система для массового интерактивного детектирования изменений, происходящих в лесном покрове. Созданная система ориентирована на использование распределенных архивов спутниковых данных ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (инструментарий ориентируется на работу с данными, получаемыми со спутников Landsat и Sentinel 2). В системе реализована возможность быстрого поиска и выбора для обработки наборов данных (сцен) за различное время. Первая сцена фиксирует состояние "до изменений", а вторая - состояние "после изменений". После выбора данных в автоматизированном режиме проводится детектирование изменений, произошедших между этими двумя состояниями. Реализованный в инструменте алгоритм ориентирован



на использование данных в каналах: 3 (525–600 нм), 4 (630–680 нм), 5 (845–885 нм) и панхроматического восьмого (500–680 нм) канала прибора OLI спутника LANDSAT 8 (или аналогичных каналов спутника SENTINEL-2). После проведенного детектирования пользователю предоставляется возможность проведения оценки качества полученных результатов. В случае если детектирование изменений было проведено с удовлетворительным качеством, они сохраняются в специализированную БД и интегрируются с ранее наблюдавшимися изменениями в анализируемом районе. В системе также реализованы различные инструменты позволяющие визуализировать и анализировать получаемые результаты детектирования. В том числе, анализировать временную динамику происходящих изменений, включая оценку объемов и состава. Общая схема распределенной обработки данных, реализованная в системе, приведена на рис. 1.3.2. Опытная эксплуатация системы, проводимая на территории Приморского и

Хабаровского краев с использованием ИС "Вега-Приморье", показала достаточно высокую эффективность ее работы.

Рисунок 1.3.2 - Схема организации обработки данных в системе распределенного интерактивного детектирования рубок леса

1.3.3 Система интерактивного анализа спутниковых данных для оценки используемости сельскохозяйственных земель.

Одной из важных задач мониторинга и изучения сельскохозяйственных земель является контроль их используемости. В силу значительности сельскохозяйственных площадей, имеющих в настоящее время в России, их объективный оперативный контроль возможен только с использованием дистанционных методов. При этом следует учитывать, что структура этих сельскохозяйственных земель сильно варьируется от региона к региону. Это затрудняет создание методов автоматизированной обработки спутниковых данных для оценки используемости земель. Поэтому в ряде случаев для решения локальных задач необходимо осуществлять интерактивную обработку данных. Система такой интерактивной обработки данных была создана в ИКИ РАН в 2017 году. Особенностью данной системы является то, что она позволяет проводить распределенную интерактивную обработку данных с использованием возможностей сверхбольших постоянно обновляющихся архивов данных ЦКП "ИКИ Мониторинг". Это позволяет пользователям системы использовать при анализе данные, поступающие от различных космических аппаратов ДЗЗ, наряду с различными информационными продуктами, полученными в результате обработки спутниковых данных, предоставляемых ЦКП "ИКИ Мониторинг" (например, многолетних рядов вегетационных индексов для анализируемых полей). Общая схема анализа данных, реализованная в системе, представлена на рис. 1.3.3. Система реализована с максимальным использованием инструментов и процедур анализа данных, реализованных в ИС семейства "Созвездие-Вега" (<http://sozvezdie-vega.ru/>). Созданная система интегрирована в систему распределенной работы с данными ЦКП "ИКИ Мониторинг" (система Vega-Science, <http://sci-vega.ru/>). Созданная система показала достаточно высокую эффективность работы при проведении различных пилотных проектов в Московской и Смоленской областях, а также в республике Саха-Якутия. Пример карты используемости сельскохозяйственных земель в Шатурском районе Московской области приведен на рис. 1.3.4

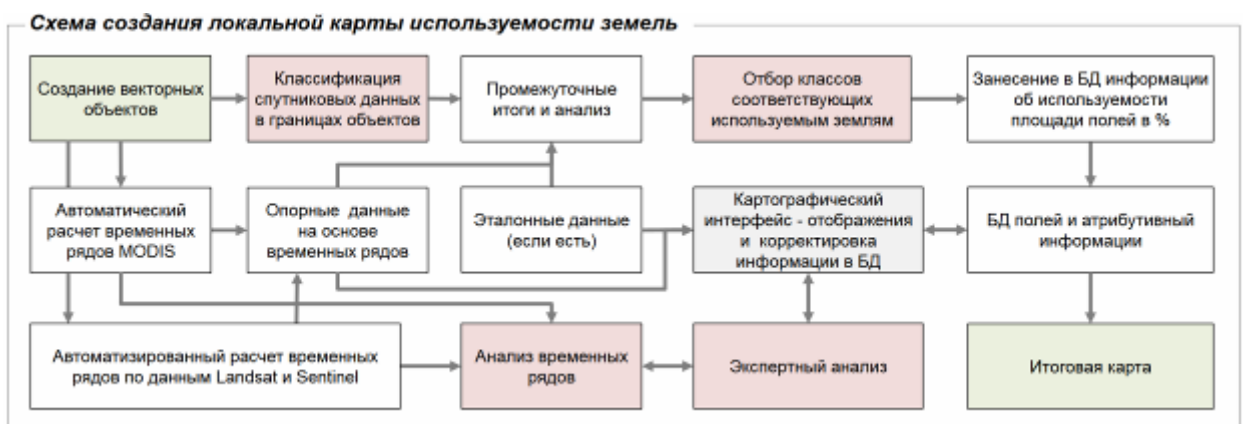
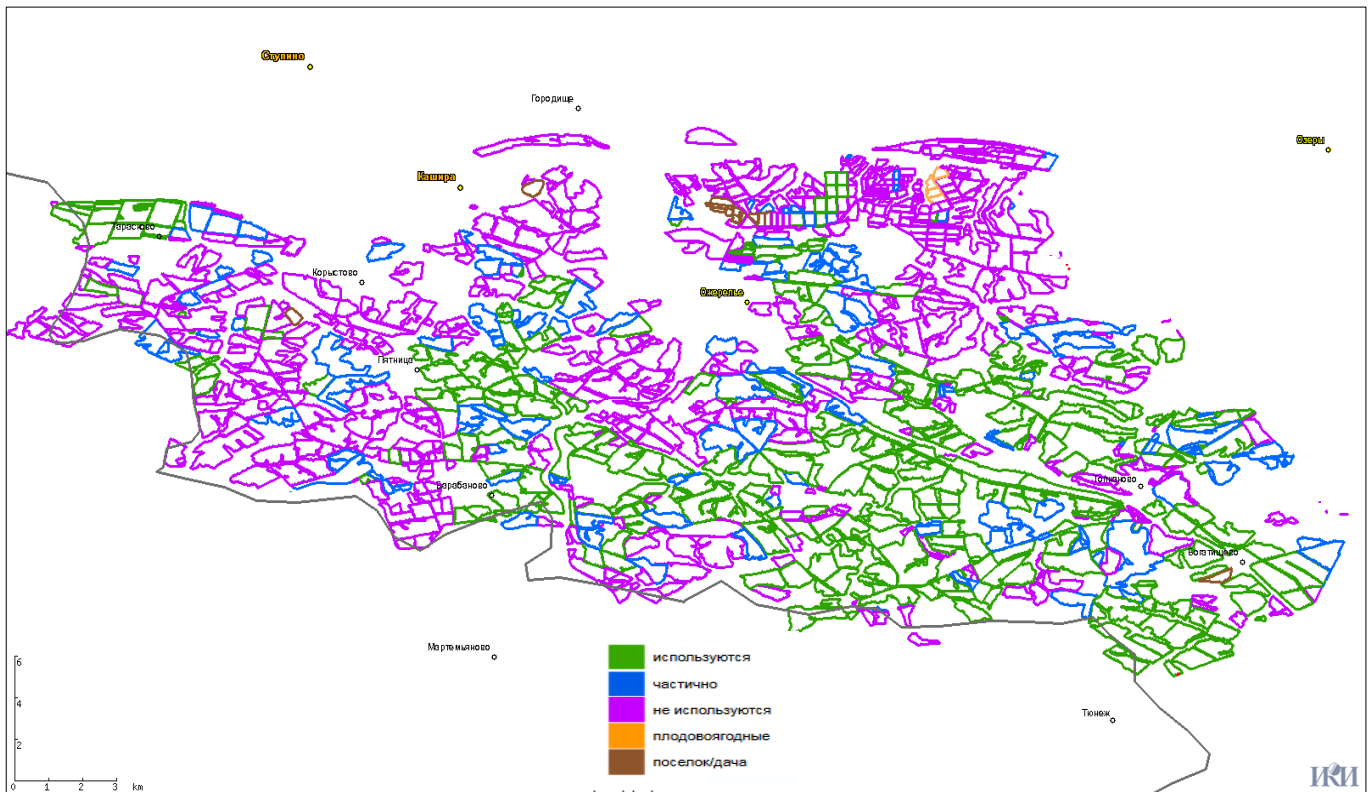


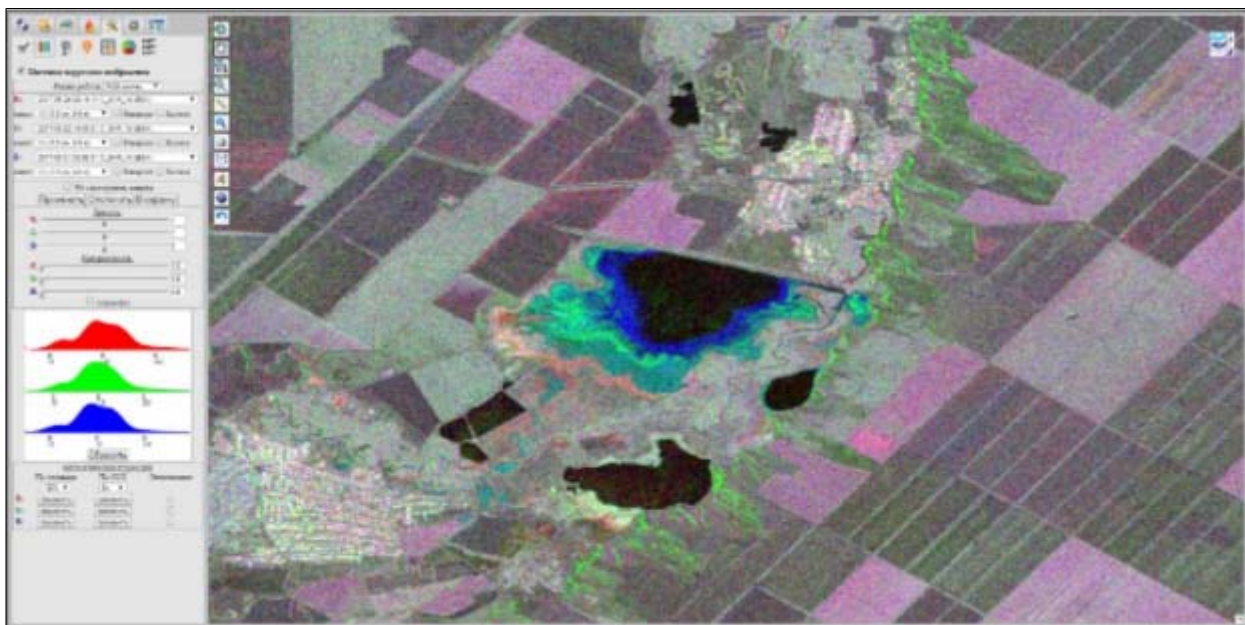
Рисунок 1.3.3 - Схема анализа данных, реализованная в системе интерактивной оценки используемости сельскохозяйственных земель



. Рисунок 1.3.4 - Пример карты используемости сельскохозяйственных земель полученной с использованием действующей системы

1.3.3 Создание блоков анализа данных спутников Sentinel 1 в информационных системах Вега-Созвездие.

Спутники Sentinel-1 (А и В) фактически являются первыми радиолокационными спутниковыми системами, к данным которых имеется свободный доступ. Это позволяет использовать их для решения большого числа как научных, так и прикладных задач. Поэтому, безусловно, является актуальными задачи создания систем удобного доступа и анализа этих данных. В том числе проведение их распределенной обработки. При этом следует учитывать, что радарные данные имеют свою специфику и требуют создания специальных систем обработки, хранения и интерфейсов работы. В рамках ЦКП «ИКИ-Мониторинг» в настоящее время реализована система автоматизированного получения, обработки и хранения данных спутников Sentinel-1 (А и В). В настоящее время в архиве ЦКП «ИКИ-Мониторинг» в непосредственном доступе находится более 100 тысяч сцен. Для работы с данной информацией был создан специальный блок, позволяющий проводить распределенный анализ и обработку этих данных. В 2017 году созданный блок был внедрен в различные научные информационные системы, обеспечивающие работу с со спутниковыми данными. Это позволило обеспечить возможность работать с радиолокационной спутниковой информацией в различных научных системах семейства Вега-Созвездие, системах Вега-Science, VSV (система мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил), STS (система изучения и мониторинга состояния пограничных морей России), объединенной системе работы с данными НИЦ "Планета" Росгидромета. Пример, представления радарных спутниковых данных в Объединенной системе работы с данными НИЦ "Планета" Росгидромета приведен на рис.



. Рисунок 1.3.5 - Пример использования в Объединенной системе работы с данными центров НИЦ "Планета" разновременного синтеза радарных данных при анализе развития наводнения в районе Отказненского водохранилища Ставропольского края в мае 2017 г.

1.4 Обеспечение постоянной работы и развитие Центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа данных спутниковых наблюдений Института космических исследований Российской академии наук для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») (пункт 4.1.4 плана работ на 2017 г.)

1.4.1 Ведение и развитие долговременных архивов данных спутниковых измерений физических характеристик окружающей среды для ее изучения и прогноза развития в условиях быстрых природных и антропогенных наблюдений.

ЦКП «ИКИ-Мониторинг» предоставляет уникальные возможности для эффективной работы с данными дистанционного мониторинга Земли для решения различных научных и исследовательских задач, позволяя избежать необходимости создания дорогостоящей инфраструктуры для каждого из проектов. Возможностями ЦКП «ИКИ-Мониторинг» сейчас пользуются значительное число различных научных организаций и проектов, что, в частности, позволило реализовать целый ряд различных научных информационных систем. По объемам данных, находящимся в online-доступе, ЦКП «ИКИ-Мониторинг» входит сегодня в первую десятку мировых центров предоставления доступа к информации дистанционного мониторинга. По реализованному функционалу, обеспечивающему распределенный анализ и обработку данных, он является ведущим центром в России и конкурирует с наиболее передовыми мировыми системами этого класса.

ЦКП «ИКИ-Мониторинг» обеспечивает возможность доступа пользователей к архивам данных, имеющим фактически уникальное для отечественных ресурсов временное и пространственное покрытие. Основная область покрытия регулярными спутниковыми данными, доступными через ЦКП «ИКИ-Мониторинг», составляет более 25% площади поверхности суши Земли. В эту область входит вся Северная Евразия, включая арктические территории, приграничные моря России, а также ряд регионов в

Африке, Азии, Северной и Южной Америке, наблюдаемых в рамках международных проектов. Для ряда данных, таких как метеоинформация и информация о пожарах, доступно регулярное глобальное покрытие. Благодаря возможности получения информации из единой системы работы с данными ФГБУ «НИЦ «Планета» пользователи имеют возможность работы с глобальными покрытиями данных, получаемых некоторыми российскими системами наблюдений (например, системами МСУ-МР и КМСС, установленными на спутнике Метеор М № 2). Доступ к этой информации организован в рамках соглашения Росгидромета и РАН, договора о сотрудничестве между ИКИ РАН и ФГБУ "НИЦ "Планета" об организации доступа к спутниковой информации для выполнения научных проектов и программ.

Состав и наполнение архивов ЦКП «ИКИ-Мониторинг» постоянно расширяются. В 2017 году налажено поступление в архивы данных с нового европейского спутника Sentinel-2В. Использование этих данных, наряду с данными спутника Sentinel-2А позволило существенно повысить частоту покрытия данными высокого разрешения территории Северной Евразии и полигонов JESAM, включающих участки по всему миру. В этом году было также налажено поступление в архивы композитных продуктов, получаемых по данным спутника Probe-V, предназначенного для сбора данных о состоянии растительности и почвенного покрова Земли. Также был существенно расширен состав тематических продуктов по уже имеющимся в архивах данным. В частности, на основе данных прибора MODIS были реализованы новые продукты для оценки снежного покрова и облачности, а по данным NPP VIIRS и AQUA AIRS – продукты для оценки содержания SO₂ в атмосфере, которые особенно востребованы для решения задач мониторинга вулканической активности. Большое внимание в этом году уделялось также повышению информативности имеющихся в архивах данных. С этой целью были реализованы и внедрены процедуры атмосферной коррекции данных европейских спутников LANDSAT и данных прибора КМСС, установленного на российском спутнике Метеор-М2.

В 2016 году в промышленную эксплуатацию была внедрена унифицированная система ведения архивов UNISAT, основными преимуществами которой является возможность формирования требуемых пользователям информационных продуктов «на лету» и поддержка инструментов для анализа и обработки данных в режиме реального времени.

Использование этой технологии в 2017 году позволило существенно нарастить набор доступных пользователям информационных продуктов и инструментов для их обработки и анализа. В том числе, в 2017 году была внедрена в эксплуатацию новая подсистема для работы с информационными продуктами, загружаемыми в архивы самими пользователями. Кроме просмотра загруженных данных в различных режимах, пользователь может проанализировать их совместно с другими данными, доступными в картографическом интерфейсе, а также воспользоваться реализованными в интерфейсе инструментами для анализа и обработки данных.

В 2017 году также были проведены работы по модернизации и расширению используемой технической инфраструктуры. В частности, были задействованы более 10 новых серверов для обработки спутниковых данных и три сервера хранения данных суммарной емкостью около 230 Тб.

Одной из наиболее востребованных возможностей, предоставляемых сегодня ЦКП «ИКИ-Мониторинг», является доступ к многолетним рядам однородных данных, что позволяет решать многие исследовательские и прикладные задачи, для решения которых необходимо анализировать динамику изменения тех или иных наблюдаемых объектов и характеристик. Так, пользователям системы доступны данные, получаемые спутниками Landsat с 1984 года. А хорошо очищенные и нормализованные данные приборов MODIS,

установленных на спутниках Terra и Aqua, имеются в архивах центра с февраля 2000 года.

На текущий момент пользователям ЦКП "ИКИ-Мониторинг" доступны спутниковые данные, полученные с более чем **35** различных приборов наблюдения Земли, установленных как на российских, так и на зарубежных спутниках ДЗЗ. Наиболее ранние данные в архиве датируются 1984 годом. К концу 2017 года суммарная скорость пополнения архивов, доступных пользователям ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (архивы ИКИ РАН и ФГБУ "НИЦ "Планета"), превышает 1 Тб/сутки, а объем информации, находящейся в непосредственном доступе, составляет около 1,3 Пб. При этом все данные доступны в режиме непосредственного доступа (online) в информационной системе ВЕГА-Science (sci-vega.ru). Информация о составе архивов спутниковых данных доступных пользователям ЦКП "ИКИ-Мониторинг" по состоянию на 20.11.2017 года приведена в Таблицах 1.4.1.1 и 1.4.1.2. Актуальная информация о наличии данных в архивах может быть получена на сайте отдела «Технологии спутникового мониторинга» <http://www.iki.rssi.ru> по ссылке <http://smiswww.iki.rssi.ru/default.aspx?page=483>. В рамках ЦКП «ИКИ-Мониторинг» также ведутся архивы различных промежуточных спутниковых продуктов, используемые для формирования доступных пользователям информационных продуктов.

Кроме спутниковых данных и продуктов их обработки в архивах ЦКП «ИКИ-Мониторинг» имеются другие типы информации, используемые при решении задач мониторинга окружающей среды. В частности, в рамках центра поддерживаются архивы метеоданных в формате NCEP, получаемые из Национального центра атмосферных исследований США (NCAR) <https://ncar.ucar.edu/>. В настоящее время в архиве содержатся метеоданные с 2000 года по настоящее время по всему земному шару, относящиеся к следующим типовым наборам:

- ds093.0/ds094.0 – данные реанализа на регулярной сетке с шагом 0,5 градуса
- ds335.0 – данные прогноза на регулярной сетке с шагом 1 градус

Таблица 1.4.1.1
Статистика наличия данных в архивах ЦКП "ИКИ-Мониторинг"

№	Прибор	Спутник	Диапазон дат		Кол-во	Размер, Гб
1	ASAR 12,5м	ENVISAT	2003-08-22	2012-03-03	675	64
2	ASAR 75м	ENVISAT	2002-10-28	2012-04-08	27866	6915
3	ASTER	TERRA	2015-06-05	2016-07-20	1645	11
4	AVHRR	NOAA 18	2012-12-24	2017-11-20	48050	819
5	C_SAR_EW	SENTINEL-1A	2014-10-03	2017-11-20	47759	7874
		SENTINEL-1B	2016-09-26	2017-11-20	17590	3984
6	C_SAR_IW	SENTINEL-1A	2014-10-03	2017-11-20	208569	118031
		SENTINEL-1B	2016-09-26	2017-11-20	94490	41939
7	DEIMOS	DEIMOS	2009-12-17	2015-05-08	427	36
8	ETM+	LANDSAT 7	1999-06-29	2017-11-16	2449001	138035
9	ETM+ атм коп	LANDSAT 7	2014-01-30	2016-12-30	6996	807
10	HYPERION	EO-1	2001-05-03	2016-08-07	15000	4745
11	KMCC-101	Метеор-М1	2011-12-09	2013-01-14	14746	543
		Метеор-М2	2014-08-06	2017-11-06	11987	1034
12	KMCC-102	Метеор-М1	2011-12-09	2013-01-14	14477	571
		Метеор-М2	2015-02-12	2015-07-02	18948	1607
13	MODIS	AQUA	2012-03-25	2017-11-20	1081624	49184
		TERRA	2000-01-09	2017-11-20	1104265	55654
14	MSI	SENTINEL-2A	2015-07-26	2017-11-16	730434	505341
		SENTINEL-2B	2017-07-10	2017-11-15	56950	13822
15	OLI	LANDSAT 8	2013-04-01	2015-09-20	4780	739
16	OLI атм коп	LANDSAT 8	2014-01-15	2017-09-02	57279	9983
17	OLI-TIRS	LANDSAT 8	2013-03-19	2017-11-16	1502823	236549
18	ORBVIEW-3	ORBVIEW-3	2003-09-17	2007-03-04	79761	20656
19	SAR	ERS	2009-02-13	2011-07-04	458	34
20	SLSTR nadir	SENTINEL-3A	2016-11-16	2017-09-04	20661	468
21	TM	LANDSAT 4	1987-06-29	1993-07-16	44974	2083
		LANDSAT 5	1984-03-06	2012-04-25	1722103	82326
22	VEGETATION	PROBA-V	2014-03-13	2016-11-04	657	1213

23	VIIRS	Suomi NPP	2012-07-02	2017-11-13	57296	3989
ИТОГО:	-	-	1984-03-06	2017-11-20	9442291	1309056

Таблица 1.4.1.2
Статистика наличия данных в архивах НИЦ "Планета"

№	Прибор	Спутник	Диапазон дат		Кол-во	Размер, Гб
1	АНИ	HIMAWARI-8	2015-09-01	2017-11-20	535501	11499
2	AVHRR	NOAA 15	2011-12-22	2017-11-20	49673	659
		NOAA 16	2011-10-28	2014-06-06	47619	856
		NOAA 18	2011-09-20	2017-11-20	203290	3790
		NOAA 19	2011-11-24	2017-11-20	176493	3303
3	Геотон-П	Ресурс-П №1	2014-06-24	2017-11-16	450	269
		Ресурс-П №2	2015-03-23	2017-08-21	402	241
		Ресурс-П №3	2016-05-26	2017-02-06	442	212
4	Imager	GOES-E	2013-05-23	2017-11-13	38327	1030
		GOES-W	2013-05-23	2017-11-13	57748	662
		MTSAT 2	2013-05-23	2015-12-04	30501	534
5	KMCC-101	Метеор-М1	2011-10-01	2014-09-23	35257	1474
		Метеор-М2	2014-09-17	2017-11-16	215126	21725
6	KMCC-102	Метеор-М1	2011-10-01	2014-09-23	38535	2079
		Метеор-М2	2014-09-17	2017-11-16	215444	23395
7	KMCC-50	Метеор-М2	2016-04-10	2016-04-19	900	37
8	MODIS	AQUA	2011-10-16	2017-11-19	369335	21440
		TERRA	2011-10-11	2017-11-20	360618	22643
9	MCC	Канопус-В	2011-12-30	2017-11-16	29029	586
10	МСУ-ГС	ELECTRO-L-1	2013-10-31	2016-07-12	17851	580
		ELECTRO-L-2	2016-04-14	2017-11-13	24688	269
11	МСУ-МР	Метеор-М1	2014-03-07	2014-12-12	10319	162
		Метеор-М2	2014-07-31	2017-11-20	1058622	27396
12	MVIRI	МЕТЕОСАТ 7	2013-05-23	2017-03-31	107601	2193
13	ПСС	Канопус-В	2011-12-30	2017-11-16	26167	2174
14	SEVIRI	MSG	2013-05-23	2017-11-13	154305	8650

15	КШМСА-СР	Ресурс-П №2	2015-03-17	2016-12-18	50	16
16	КШМСА-ВР	Ресурс-П №1	2014-04-01	2017-11-06	1081	831
		Ресурс-П №2	2015-03-17	2017-09-19	601	280
		Ресурс-П №3	2016-05-11	2017-02-11	217	50
17	VIIRS	Suomi NPP	2013-02-27	2017-11-19	167075	11418
ИТОГО:	-	-	2011-09-20	2017-11-20	3973267	170453

1.4.2 Поддержка и развитие специализированных спутниковых сервисов, ориентированных на решение различных научных задач .

Инфраструктура и архивы данных, накопленных в ЦКП «ИКИ-Мониторинг», в 2017 году обеспечили возможность работы более 10 различных специализированных информационных систем научных проектов:

- Информационная система «VEGA-GEOGLAM» (<http://vega.geoglam.ru/>), разрабатываемая в рамках проекта SIGMA. Целью системы является обеспечение инструментами анализа данных дистанционных наблюдений участников международного проекта SIGMA, ориентированного на разработку методов и технологий дистанционного сельскохозяйственного мониторинга, в интересах создания проектов связанных с развитием методов и технологий глобальной системы мониторинга сельского хозяйства.
- Информационная система «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» VolSatView (<http://volcanoes.smislab.ru/>). Основной задачей системы является обеспечение специалистов-вулканологов оперативными спутниковыми данными и различными информационными продуктами, получаемыми на основе их обработки, для мониторинга и изучения вулканической активности Камчатки и Курил.
- Спутниковый сервис See The Sea (STS, <http://ocean.smislab.ru/>) – информационная система, ориентированная на работу с данными спутниковых наблюдений для решения междисциплинарных задач исследования Мирового океана. Особое внимание в системе уделяется возможностям работы с данными спутниковой радиолокации. Система призвана обеспечить специалистам, работающим в области исследования Мирового океана, возможность одновременной работы с различными видами спутниковой информации и удобный инструментарий, позволяющий проводить ее комплексный анализ.
- и др.

В 2017 году с использованием возможностей ЦКП "ИКИ-Мониторинг" были в интересах различных проектов и исследовательских организаций были созданы новые информационные системы такие как:

- Информационная система "Вега-Агрометеоролог" (<http://agrometeo.geosmis.ru/>). Созданы в 2017 году ИКИ РАН совместно с Гидрометцентром России, ФГБУ "НИЦ "Планета" и ВНИИСХМ. Система предназначена для обеспечения экспертов инструментами совместного анализа регулярной спутниковой информации и данных наземных наблюдений по всей территории сельскохозяйственных земель России с учётом агроклиматического районирования. В составе системы пользователям доступны данные спутниковых наблюдений среднего и высокого разрешения, полученные с метеорологических и природоресурсных КА, индексные данные для анализа состояния и динамики растительности, метеорологическая информация на

регулярной сетке, в том числе прогнозная, а также данные наземных наблюдений с агрометеостанций по всей территории России. Обновление спутниковых данных происходит регулярно, от нескольких раз в сутки для отдельных наблюдений до ежесуточного для композитных и декадных данных. Обновление наземных данных происходит ежесуточно и ежедекадно. Более подробно задачи и возможности системы описаны в разделе 1.2.1 настоящего отчета.

- Информационная система "Аврора-Арктика" (<http://dev.aurora.geosmis.ru/>), разработанная в ИКИ РАН и введенная в опытную эксплуатацию в 2017 году. Система ориентирована на работу данными наблюдений ионосферы Земли, полученных со спутников серии DMSP, показателей наблюдения солнечного ветра по данным NOAA, метеорологических данных, а также данных спутниковых наблюдений в оптическом диапазоне, полученных различными системами (MODIS, AVHRR и др.) и прогностической информацией о границах аврорального овала. Более подробно задачи и возможности системы описаны в разделе 1.2.2 настоящего отчета.
- Для распределенной работы с данными, получаемыми различными научными миссиями, связанными с исследованием Марса, в 2017 году с использованием технических и технологических возможностей ЦКП "ИКИ-Мониторинг" в ИКИ РАН была создана специализированная информационная система ARES – Analysis, Research and Exploration Service. При построении системы использовались методы и схемы работы со сверхбольшими архивами данных, используемые в ЦКП "ИКИ Мониторинг". Это позволит применить существующие наработки и подходы для работы с пространственными данными дистанционного зондирования Земли и их анализа для организации эффективной работы с данными действующих и перспективных научных миссий по исследованию Марса.

Отметим, что ЦКП «ИКИ-Мониторинг» в настоящее время предоставляет возможности работы со спутниковыми данными результатами их обработки более чем 60 научным организациям и проектам. В том числе возможности центра активно используются для решения задач различных проектов, поддерживаемых Российским научным фондом, Российским фондом фундаментальных исследований и Министерством образования и науки. В частности, они использовались и используются для выполнения следующих проектов: РНФ (14-17-00389, 14-17-00555, 16-17-00042), РФФИ (11-07-12026-офи-м, 11-07-12028-офи-м, 13-07-00513, 13-07-12017, 13-07-12116, 13-07-12180, 13-05-41420-рго-а, 13-07-13168-офи-м, 14-05-20238, 14-35-10137, 15-07-05564, 15-29-07953, 16-37-00427, 16-29-09615), Минобрнауки (14.515.11.0007, 14.515.11.0014, 14.515.11.0030, 14.515.11.0011 14.607.21.0122, 14.616.21.0063).

ЦКП «ИКИ-Мониторинг» также используется для проведения разработок методов обработки и анализа спутниковых данных, многие из которых впоследствии внедряются в различные прикладные информационные системы дистанционного мониторинга. В 2017 году технологии и методы работы со спутниковыми данными ДЗЗ внедрялись, например, в:

- Информационную систему дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства ИСДМ-Рослесхоз (<http://www.pushkino.aviales.ru/>), предназначенную для сбора информации о пожарах по всей территории России, сбора информации о состоянии окружающей среды, подготовки информационных продуктов для анализа пожарной обстановки и последствий пожаров и оперативного распространения накопленной информации.
- Отраслевую информационную систему мониторинга Федерального агентства рыбного хозяйства (ОСМ Росрыболовства) (<http://osm.smislab.ru/>),

ориентированную на получение информации о деятельности промысловых судов. В настоящее время ОСМ обеспечивает мониторинг российских и иностранных судов, ведущих промысел в экономической зоне России, а также российских судов, находящихся на промысле в различных районах мирового океана. ОСМ обеспечивает контроль нескольких тысяч судов, из которых около 2000 судов обычно находятся на промысле. По числу судов, находящихся под контролем, система является самой крупной в мире.

- Информационную систему "ВЕГА-Приморье" (<http://primorsky.geosmis.ru/>) разработанную и поддерживаемую АНО "Общество дикой природы", ООО "ИКИЗ" и ИКИ РАН для ведения комплексного космического мониторинга лесов Приморского края с целью обеспечения максимально полного использования их ресурсно-экологического потенциала, повышения эффективности их охраны, защиты и использования, сохранения уникального биологического разнообразия лесной флоры и фауны.

Заключение

Представленные в данной главе материалы показывают, что работы по направлению «Мониторинг-Технологии» проводились в полном соответствии с утвержденным планом.

Из наиболее значимых результатов, полученных по данному направлению, следует отметить следующие:

- определение приоритетных направлений развития методов построения современных информационных систем дистанционного мониторинга;
- создание и ввод в опытную эксплуатацию информационной системы "Вега-Агрометеоролог";
- создание методов и системы распределенного анализа информации о природных пожарах, действовавших на территории России в 21 веке;
- разработка и внедрение в различные специализированные информационные системы новых инструментов работы с данными, позволяющих использовать распределенные вычислительные ресурсы.
- непрерывная поддержка работоспособности ЦКП "ИКИ-Мониторинг", расширение состава используемых в нем данных и инструментов для их анализа. Предоставление постоянной возможности использования ЦКП "ИКИ-Мониторинг" различным исследовательским организациям (более 60 организаций) и проектам.

Материалы, изложенные в данной главе, позволяют считать, что все работы по направлению «Мониторинг-Технологии» выполнены в полном объеме.

РАЗДЕЛ 2 МОНИТОРИНГ-БИОСФЕРА

Введение

Растительный покров является неотъемлемой составляющей биосферы Земли и фундаментальным фактором создания условий для жизни на нашей планете. По имеющимся оценкам, примерно 77% поверхности суши (без учета Антарктиды и Гренландии) или 130-135 млн. км² занято различными видами растительного покрова. Являясь источником ценных биологических ресурсов, растительный покров одновременно выполняет и ряд важнейших функций регулятора фундаментальных процессов обмена энергией и веществом на планете, играет огромную экологическую и социально-культурную роль для человечества. Антропогенное воздействие и глобальные изменения климата в настоящее время сопровождаются нарастанием процессов трансформации и деградации растительного покрова, обусловленных, в частности, природными пожарами, вырубкой лесов и их гибелью в результате техногенного воздействия, вспышками массового размножения насекомых-вредителей, изменениями режимов землепользования.

Вместе с тем, обеспеченность объективной и регулярно обновляемой информацией о состоянии растительного покрова в настоящее время является недостаточной и не отвечает современным политическим, экономическим и экологическим вызовам. Имеющиеся разрозненные данные часто несопоставимы и не дают целостной картины актуального состояния растительного покрова и, следовательно, не могут быть положены в основу анализа и прогнозирования его динамики.

Единственным способом получения актуальных данных о растительном покрове в масштабах России остаются методы дистанционного зондирования Земли. Применение указанных методов позволяет получать информацию о пространственном распределении и динамике растительного покрова России. На развитие методов дистанционного зондирования из космоса для решения задач мониторинга биосферы Земли и направлена научно-исследовательская работа по теме «Мониторинг-Биосфера».

К отличительным чертам выполняемых в данном направлении исследований и разработок можно отнести следующие, во многом взаимосвязанные, особенности:

- высокий уровень автоматизации обработки спутниковых данных, предполагающий минимальное участие человека;
- адаптивность разрабатываемых алгоритмов обработки данных для обеспечения возможности их использования без дополнительной настройки параметров в широком диапазоне условий спутниковых наблюдений;
- возможность эффективного использования разрабатываемых методов (в частности, как следствие вышеуказанных особенностей) на больших территориях, в том числе на уровнях национального и континентального;
- интенсивное использование временных рядов данных многоспектральных спутниковых наблюдений и комплексирование данных различного пространственного разрешения (от десятков метров до километров).

Выполненные к настоящему времени исследования в области спутникового картографирования растительного покрова были, прежде всего, сфокусированы на следующих основных направлениях:

- Развитие метода дистанционной оценки индекса листовой поверхности растительного покрова по данным MODIS;
- Развитие метода детектирования вырубок леса по спутниковым данным высокого пространственного разрешения;

- Прогнозное моделирование динамики растительного покрова России на основе данных спутникового картографирования;
- Формирование многолетних временных рядов данных о повреждениях лесов России пожарами на основе обработки спутниковых изображений, получаемых спектрорадиометром MODIS;
- Исследование возможностей вероятностного прогнозирования пирогенной гибели лесов России на основе статического анализа результатов обработки данных многолетних спутниковых наблюдений.

Подробно полученные в данном направлении результаты изложены в следующих научных публикациях [21-24, 28, 29, 33-35, 80, 81, 83, 86, 88, 89, 92, 96, 98-100, 105, 112-119, 121, 124-128, 131, 132, 138-141, 148, 149].

2.1 Разработка научных подходов к построению автоматических и интерактивных методов потоковой обработки данных дистанционного зондирования со спутников для оценки характеристик наземных экосистем (пункт 4.2.1 плана работ на 2017 г.)

2.1.1 Развитие метода оценки индекса листовой поверхности растительного покрова по данным ДЗЗ

Исследования и разработки в рамках данного раздела темы в 2017 году были направлены на развитие метода оценки биофизических параметров растительного покрова методами дистанционных зондирования Земли и, в частности, индекса листовой поверхности. Оценка биофизических параметров растительного покрова дистанционными методами предоставляет практический интерес для решения широкого круга научных и практических задач. Для получения оценок этих параметров с высокой точностью, наряду с эмпирическими и статистическими подходами, получили распространение и методы, основанные на физических моделях. Исследования были направлены на развитие метода вычисления индекса листовой поверхности (Leaf Area Index - LAI) по данным спектрорадиометра MODIS со спутников Terra и Aqua с пространственным разрешением 250 м. Индекс листовой поверхности LAI определен как величина отношения суммарной площади односторонней поверхности листьев на участке земной поверхности к площади данного участка [$\text{м}^2/\text{м}^2$]. Вычисление ежедневных значений LAI основано на данных измерений коэффициента спектральной яркости (КСЯ) в красном и ближнем ИК каналах MODIS, с использованием результатов моделирования переноса фотонов в растительном покрове. Физические принципы моделирования КСЯ системы “растительность - почва” в красном – БИК пространстве в зависимости от изменения плотности листового покрова показано на рисунке 1 (слева). КСЯ почвы представлен прямой линией в пространстве измерений данного параметра в красном и ближнем ИК диапазонах (линия почв). При увеличении плотности растительного покрова (увеличении LAI) отражательная способность системы “растительность - почва” изменяется в указанном пространстве измерений и стремится к общему пределу (точке сходимости), не зависящему от КСЯ почвы. Этот эффект означает *насыщение* – ослабление чувствительности КСЯ к изменениям LAI. Если основанный на уравнении переноса алгоритм (основной алгоритм) не находит решения, то используется запасной алгоритм, основанный на эмпирическом соотношении LAI-NDVI (рисунок 1, справа).

Алгоритм расчета LAI включает три последовательных этапа: 1) расчет ежедневных данных, 2) построение недельных композитных изображений, 3) построение

реконструированных недельных изображений. Ниже мы кратко рассмотрим каждый этап (рисунок. 2). Входными данными для построения ежедневных *LAI* являются ежедневные значения КСЯ после атмосферной коррекции в красном (620-670 нм) и ближнем ИК (841-876 нм) каналах данных Terra/Aqua MODIS, геометрия солнца/сенсора и карта классификации растительного покрова. На выходе формируется суточный *LAI* продукт, содержащий в каждом пикселе среднее значение *LAI*, его стандартное отклонение. Используя стохастическую модель уравнения переноса, набор модельных КСЯ вычисляется индивидуально для заданных растительных классов и геометрии солнца/сенсора. Как функция *LAI* и других параметров. В ходе реализации алгоритма КСЯ в красном и БИК каналах по данным MODIS сравниваются с соответствующими модельными данными для заданной геометрии и класса растительности. Среднее по набору *LAI* значений, для которых было найдено соответствие и является решением задачи.

На следующем этапе обработки формируются временные композитные изображения для минимизации влияния зашумленных измерений. Входными данными для алгоритма является набор суточных продуктов *LAI* за заданный период и соответствующая маска облаков. Алгоритм построения композитных изображений работает следующим образом: набор данных состоит из базового периода (7 дней) плюс 5 дней до и после него; этот набор данных фильтруется с помощью маски облаков, оставляя только достоверно безоблачные пиксели; из попадающих в период 17 дней оставшихся данных удаляются значения, выходящие за стандартное отклонение от среднего, из которых внутри базового периода выбирается день, для которого значение *LAI* наиболее близко к среднему.

На заключительном этапе обработки применяется интерполяция временных рядов полученных композитных изображений. Интерполяция используется в силу того, что композитный продукт подвержен остаточному влиянию атмосферы, а также содержит большое количество пикселей с отсутствующими данными ввиду фильтрации облаков. Для каждого пиксела временной ряд интерполируется методом LOESS с использованием полиномов второй степени и скользящего окна длиной 5 измерений. Путем обработки измерений скользящим окном достигается сглаживание сезонного профиля, а также исключение заведомо искаженных значений и заполнение отсутствующих данных физическими значениями для тех случаев, когда это возможно.

Бета-версия продукта *LAI* построена для территории России за период с марта 2000 года по настоящее время и доступна для анализа в составе сервиса спутникового мониторинга растительного покрова VEGA-Science (sci-vega.ru).

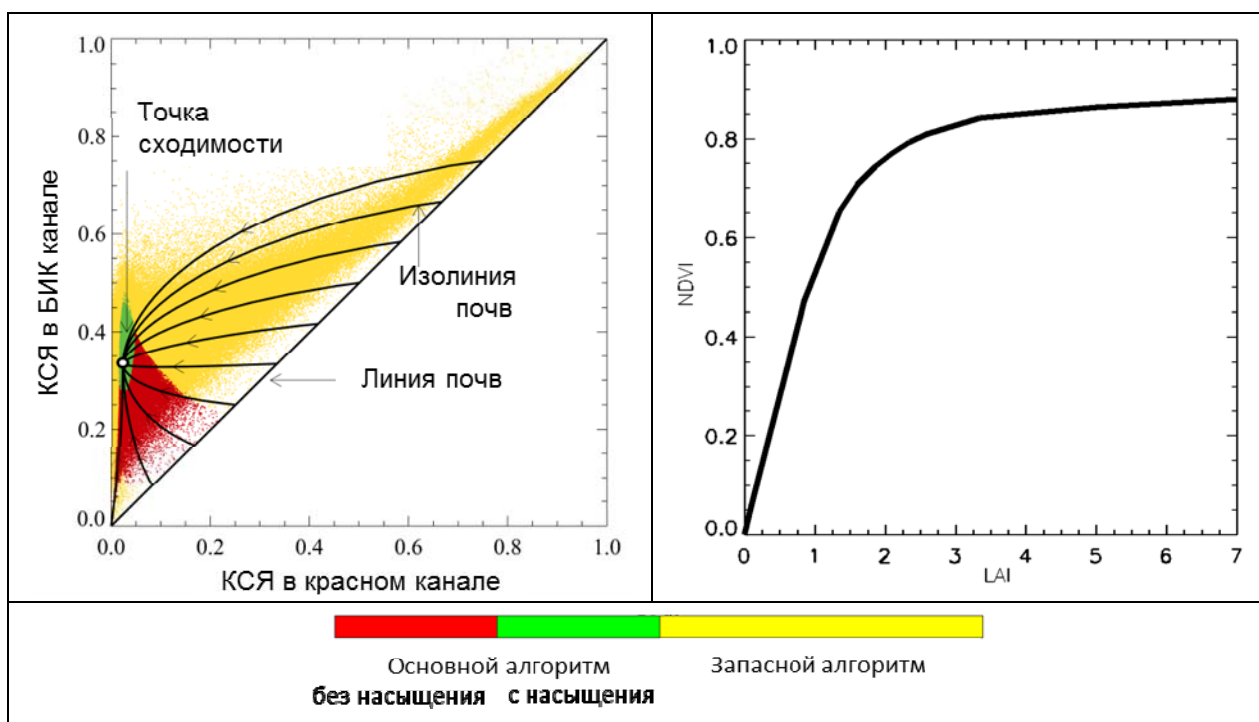


Рисунок 2.1.1.1 - Физические принципы вычисления LAI основным (слева) и запасным (справа) алгоритмами. Основной алгоритм основан на моделировании КСЯ в красном и БИК каналах с помощью уравнения переноса. Запасной алгоритм основан на эмпирическом соотношении между NDVI и LAI

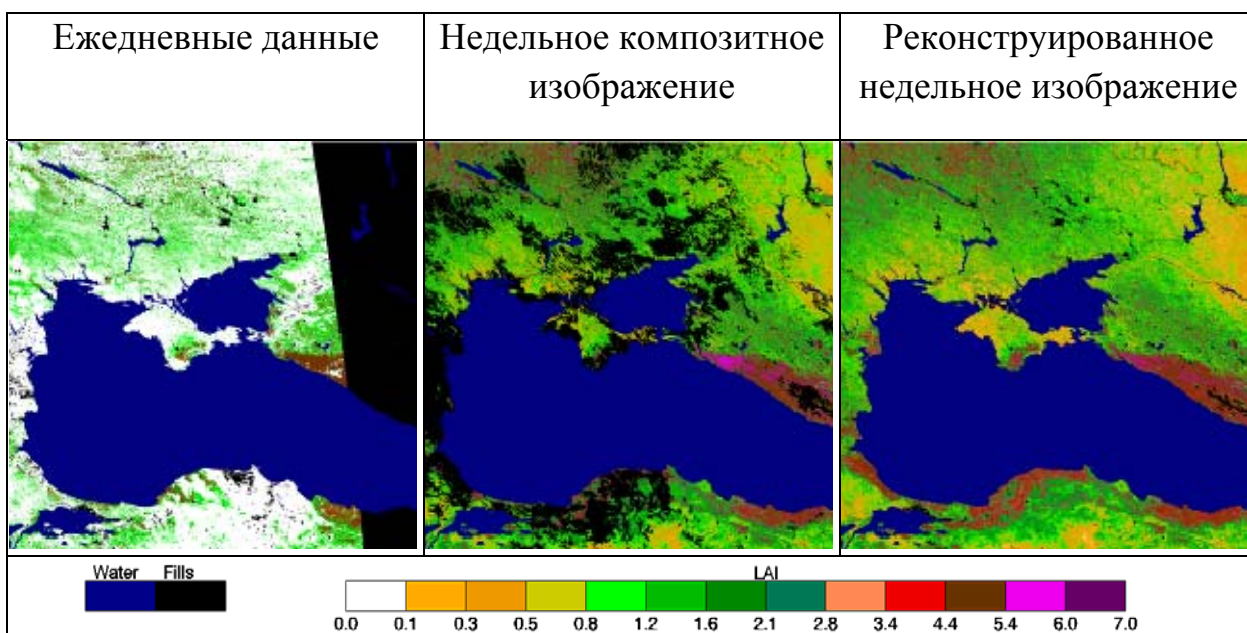


Рисунок 2.1.1.2 - Примеры изображений, получаемых на различных этапах расчета LAI: 1) ежедневные данные, 2) недельное композитное изображение, 3) реконструированное недельное изображение. Получено на основе данных Terra MODIS для гранулы h20v04 за период 167-174 (16-23 июня) 2014 г.

2.1.2 Сравнительный анализ распознаваемости озимых культур по оптическим и радарным данным ДЗЗ высокого пространственного разрешения

Проведён сравнительный анализ распознаваемости озимых культур по спутниковым данным высокого пространственного разрешения, получаемых оптическими (Landsat-8, 30 м, Sentinel-2A, 20 м) и радарными (Sentinel-1, 9,8 м) системами ДЗЗ. Алгоритм распознавания включает поэтапное применение методов неконтролируемой и контролируемой классификации спутниковых изображений в среде геоинформационного сервиса Vega-Science. Для проведения контролируемой классификации выполнялось обучение по набору опорных участков, выбираемых с помощью доступных в сервисе Vega карты растительного покрова и маски озимых культур, формируемых по данным инструмента MODIS с пространственным разрешением 250 м. Валидация результатов распознавания озимых культур выполнена с использованием наземных данных о посевах на территории Труновского района Ставропольского края. Площадь посевов озимых культур, включенных в выборку опорных данных составила 78 тыс. га.

Важным фактором, определяющим уровень достоверности распознавания озимых культур, является выбор оптимальных дат спутниковых наблюдений и спектральных каналов изображений, обеспечивающих максимальную разделимость озимых и яровых посевов. В исследованиях использовались оптические изображения в красном и ближнем инфракрасном спектральном диапазонах и данные радарной съемки при VН-поляризации (рис. 3), полученные в период 1-25 апреля 2016 года. Оценивалась точность как пиксельной, так и объектной, т.е. заданной границами полей, классификации озимых культур. При пиксельной классификации точность распознавания озимых культур с использованием одиночного изображения продемонстрировала существенные различия для оптических и радарных данных, составив соответственно 91% и 67%. Использование же объектной классификации озимых культур позволяет снизить различия в точности распознавания озимых культур по оптическим и радарным данным до 17% при обработке одиночного радарного изображения и 10% в случае использования их временного ряда, полученного в течение апреля 2016 года. При этом совместная классификация временного ряда оптических изображений не дала заметного повышения точности распознавания озимых культур. Комплексирование же оптических и радарных данных позволяет повысить точность распознавания озимых посевов на уровне объектов до 98%.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о недостаточной эффективности использования радиолокационных данных для раннего выявления посевов озимых культур. В то же время, радарные данные могут быть полезны для мониторинга озимых культур при отсутствии безоблачных оптических изображений, позволяя уточнять границы посевов и их площади.

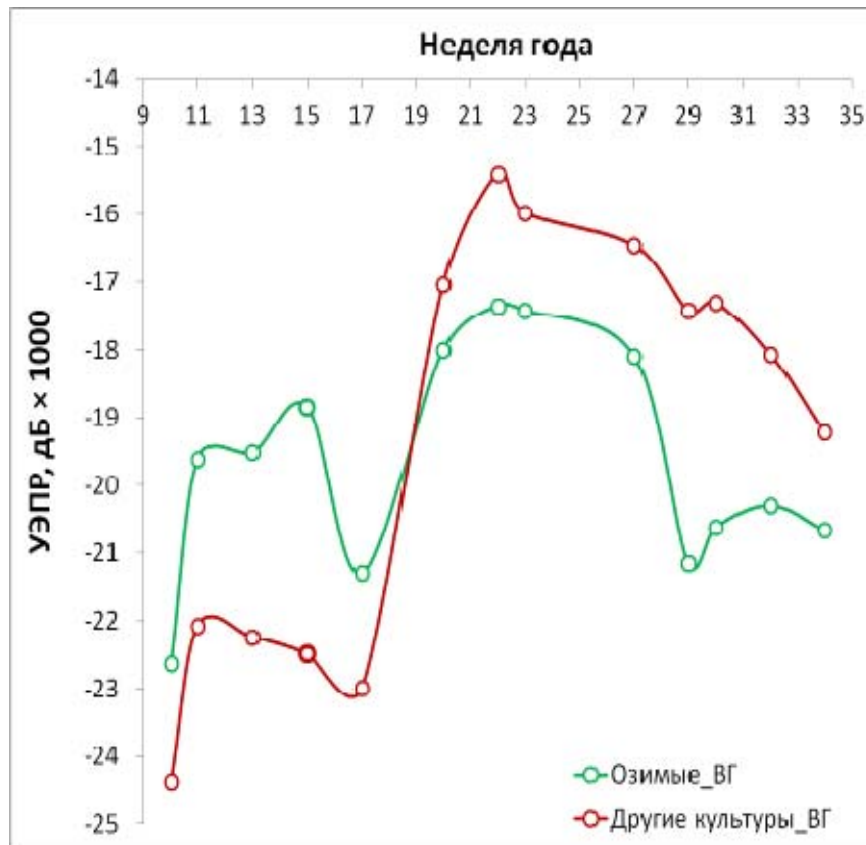


Рисунок 2.1.2.1 - Кривые удельной эффективной поверхности рассеяния по данным сенсора Sentinel-1 для озимых и яровых культур в вертикально-горизонтальной поляризации

2.2 Разработка новых подходов и методов спутникового мониторинга последствий воздействия негативных природных и антропогенных факторов на наземные экосистемы (пункт 4.2.2 плана работ на 2017 г.)

Исследования и разработки в рамках данного раздела темы в 2017 году были направлены на развитие метода детектирования изменений в лесах, прежде всего вырубок, по спутниковым данным высокого пространственного разрешения.

Алгоритм выявления вырубок основан на использовании зеленого (525-600 нм), красного (630-680 нм) и ближнего инфракрасного (845-885 нм) спектральных каналов спутниковых систем Landsat-8 или Sentinel-2A. Входными данными для алгоритма является пара разновременных спутниковых изображений, близких по спектральным характеристикам и дате съемки. Кроме того, необходимым параметром алгоритма являются средние значения спектральной яркости леса и подстилающей поверхности, задаваемые пользователем или сгенерированные автоматически на основе имеющихся карт типов растительности.

На первом шаге с помощью заданных значений яркости леса, подстилающей поверхности и линейной модели спектральных смесей для каждого пикселя входного изображения оценивается доля площади пикселя, занимаемая лесом. На втором шаге строится изображение разницы полученных оценок доли леса и применяется пороговое правило. За отчетный период кроме возможности задания порога пользователем (в стандартных отклонениях от среднего значения) введена возможность его автоматического вычисления. Процедура автоматического подбора порога основана на предположении о нормальном распределении случайных шумов на полученном изображении разницы и отсутствии существенных различий в спектральных яркостях входных изображений,

вызванных положением облаков и теней, а также фенологическими различиями. Кроме того в алгоритм добавлена процедура пространственной фильтрации остаточных шумов. В результате работы алгоритма строится маска изменений для обрабатываемого участка.

Данный алгоритм был реализован в виде программного модуля в рамках информационной системы "ВЕГА-Приморье" и были проведены работы по тестированию данного модуля. Чтобы выявить изменения, произошедшие в определенный временной период, пользователь информационной системы выбирает спутниковые данные для обработки и запускает автоматическую процедуру детектирования. Построенные изменения векторизуются, заносятся в базу данных информационной системы. В базе данных информационной системы хранится информация о координатах и дате изменения, количестве, типе и датах обработанных данных, а также величине изменения для каждого построенного полигона.

На данный момент алгоритм выявления изменений был протестирован в двух лесничествах Приморского края. На территории лесничеств были выявлены изменения, произошедшие в 2015 и 2016 годах. Так же алгоритм был апробирован на территории Удмуртии, где построены изменения лесов в 2016 году. В настоящее время на территории Хабаровского края ведутся работы по детектированию изменений с помощью данного алгоритма.

Для оценки точности и надежности алгоритма выявления изменений было проведено сравнение между полученными данными и данными официальной статистики о вырубленных площадях. Алгоритм показывает достаточно хорошую точность распознавания изменений. Например, для Рощинского лесничества Приморского края доля детектированных изменений в лесу, связанных с рубками, составляет более 80%. Данный показатель достаточно высокий, так как выборочные рубки составляют 84% от всех вырубленных площадей в данном регионе. При условии, что алгоритм детектирует все сплошные рубки, доля детектируемых выборочных рубок - 78%.

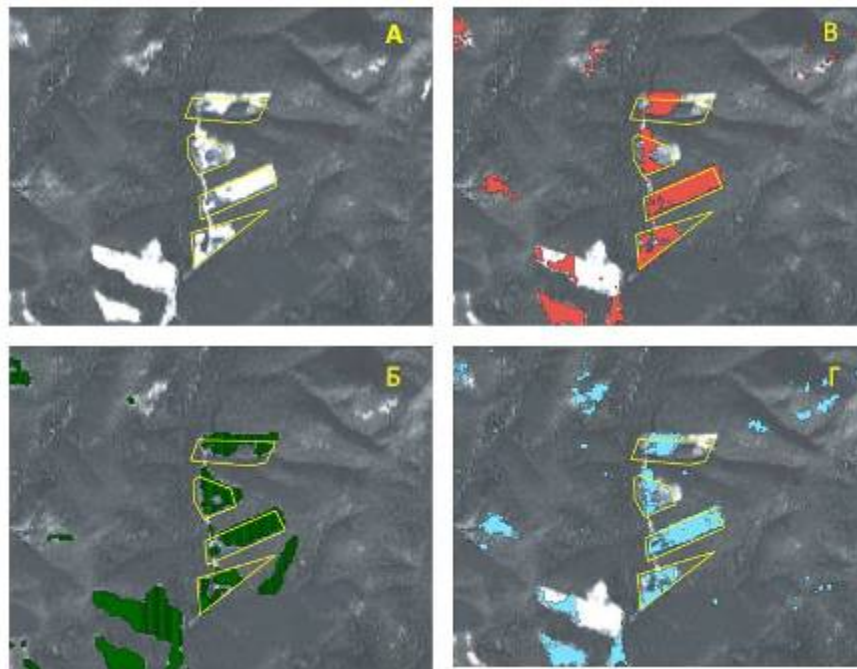


Рисунок 2.2.1 - Сравнение выявленных изменений в лесах с данными Forest alerts и Global Forest Change: А – фрагмент разности красных спектральных каналов Landsat8 (630-680 нм) за 17.12.2016 и 31.12.2015, Б – выявленные изменения за 2016 год, С - данные Global Forest Loss за 2016 год, Г- данные Forest alerts за 2016 год.

Помимо этого результаты работы алгоритма сравнивались другими данными из открытых источников, а именно Forest alerts и Global Forest Change лаборатории GLAD университета Мэрилэнд (США). К сожалению, точность данных продуктов в регионе сравнения (Приморском крае) не подтверждена наземными исследованиями, а, следовательно, неизвестна. Доля площади изменений согласно данным продуктам от общей площади вырубок по официальным данным составляет менее 23%, что не подтверждает высокую точность продуктов Forest alerts и Global Forest Change в данном регионе. Сравнение построенных изменений с изменениями из данных источников показало низкое пространственное совпадение – до 30%. Низкий уровень совпадения, возможно, вызван наличием горного рельефа, где лежит большее число различий, и проблемами с датировкой изменений в указанных данных, и требует более тщательных исследований.

Кроме того за отчетный период был проведен выборочный анализ имеющихся в информационной системе деклараций об использовании лесов и сопоставление их с построенными полигонами изменений. Сравнение фактического и декларируемого контура вырубки дает возможность детектировать выход за границы отведенных лесосек. Так, при выборочном анализе деклараций Рошинского лесничества Приморского края были обнаружены места, где вырубки выходят за границы декларируемых участков, что является нарушением. Помимо этого на территории Рошинского лесничества были обнаружены место случаи «узаконивания» рубок, когда рубки леса фактически проводятся до момента подачи декларации.

В дальнейшем работы по валидации построенных изменений и оценки точности алгоритма будут продолжены.

2.3 Создание методов прогнозирования динамики наземных экосистем на основе интеграции и ассимиляции в модели данных дистанционного зондирования со спутников (пункт 4.2.3 плана работ на 2017 г.)

Исследования и разработки в рамках данного раздела темы в 2017 году были направлены на развитие методов прогнозного моделирования динамики растительного покрова России на основе данных спутникового картографирования. Прогнозирование динамики наземных экосистем на больших территориях в течение длительных промежутков времени ставит особые требования к вычислительной эффективности используемых моделей. Для решения подобных задач часто используют так называемые глобальные модели динамики растительного покрова (DGVM – Dynamic Global Vegetation Models). Данная группа моделей упрощенно описывают процессы, происходящие в растениях (например, фотосинтез, транспирация, дыхание, размножение), и процессы их взаимодействия друг с другом и окружающей средой (конкуренция за воду и свет, водный баланс, возмущающие воздействия) с грубым пространственным и временным разрешением. Глобальные модели динамики растительности часто используются в составе моделей геосистемы для прогнозирования изменения климата.

В ИКИ РАН была проведена модификация и региональная адаптация глобальной модели динамики растительности SEVER. Информация, полученная на основе данных спутникового мониторинга, была интегрирована в модель, что позволило увеличить точность воспроизведения пространственного распределения растительности России. Регионально адаптированная модель SEVER была использована для прогнозирования изменений в растительном покрове страны до 2100 года при различных климатических сценариях.

Прогнозирование изменения растительности России на ближайшее столетие осуществлялось для четырех сценариев изменения концентрации парниковых газов в атмосфере, предложенных Межправительственной группой экспертов по изменению климата - RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.5. Каждый из сценариев RCP (Representative Concentration Pathways) соответствует такому изменению концентрации парниковых газов в атмосфере, что в среднем поглощение солнечного излучения увеличится на 2,6 – 8,5 Ватт/кв.м, в зависимости от сценария. Прогноз изменения климата для всех четырех сценариев был получен по данным модели земной системы HadGEM-2-ES. Стоит отметить, что использование заранее подсчитанных климатических данных не позволило учесть обратное влияние изменений в растительном покрове на атмосферу, океан и динамику климата планеты.

Результаты прогнозирования показывают значительное изменение пространственного распределения долей типов растительных покровов в будущем столетии для всех возможных сценариев. В связи с возможным глобальным потеплением климата для всех сценариев характерно существенное уменьшение площади хвойных вечнозеленых бореальных лесов России и менее значимое уменьшение площади бореальных широколиственных и лиственных лесов (рисунок 4). Эти леса будут преимущественно заменены широколиственными листопадными лесами умеренного пояса, а также, в меньшей степени, травянистыми типами растительности. Стоит также отметить, что во всех сценариях на севере и северо-западе России широколиственные леса заменяют хвойные вечнозеленые в роли доминантного типа растительности.

Стоит выделить прогноз для наиболее пессимистичного сценария изменения климата - RCP 8,5, в соответствии с которым к концу текущего столетия может наблюдаться почти двукратное уменьшение площади лиственных и листопадных лесов бореального пояса, более чем двукратное уменьшение площади лесов хвойных вечнозеленых пород.

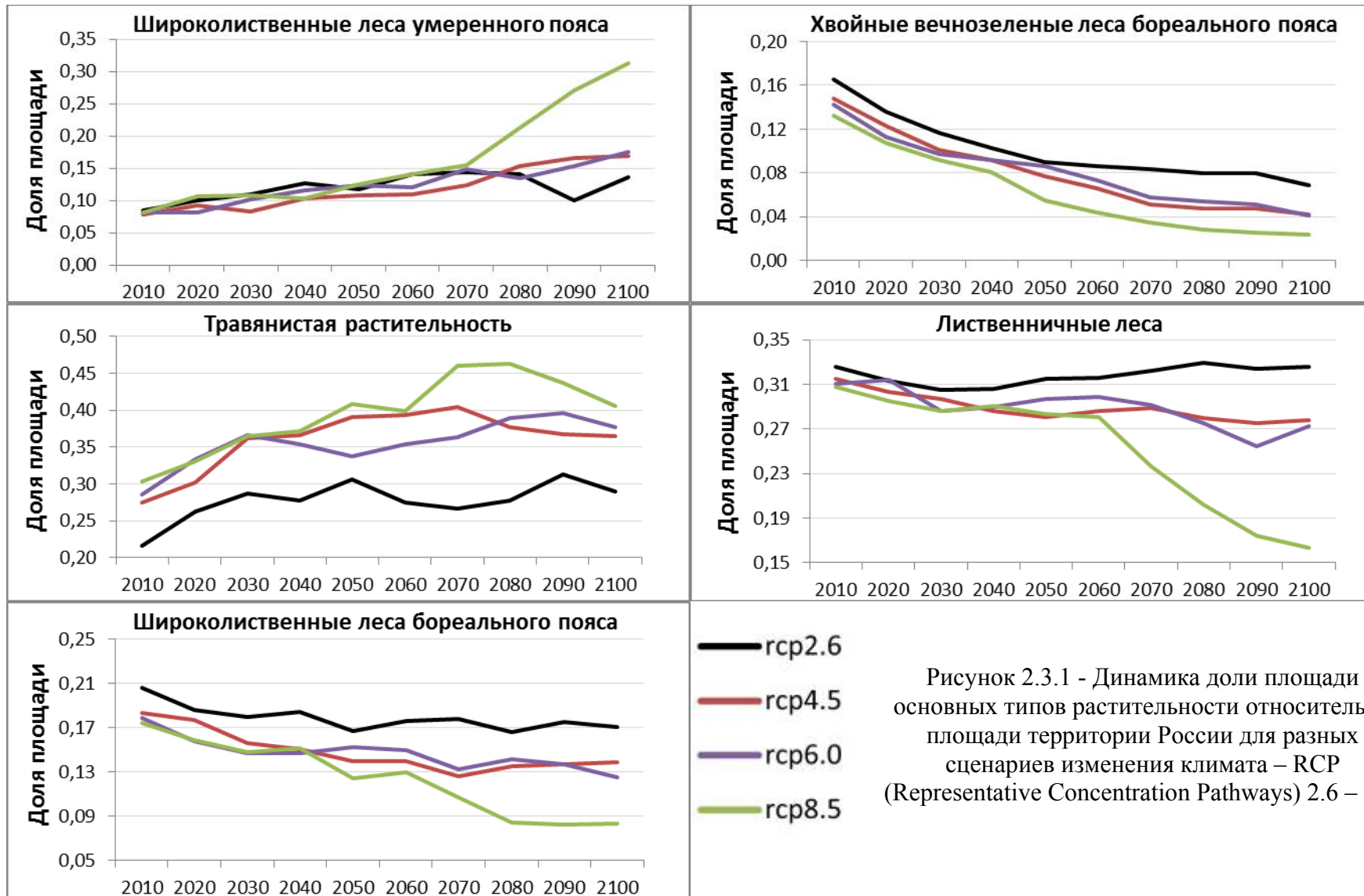


Рисунок 2.3.1 - Динамика доли площади основных типов растительности относительно площади территории России для разных сценариев изменения климата – RCP (Representative Concentration Pathways) 2.6 – 8.5.

2.4 Формирование на основе обработки данных дистанционного зондирования со спутников многолетних временных рядов характеристик состояния наземных экосистем России для оценки и мониторинга их ресурсно-экологического потенциала (пункт 4.2.4 плана работ на 2017 г.)

Исследования и разработки в рамках данного раздела темы в 2017 году были направлены на формирование многолетних временных рядов данных о повреждениях лесов России пожарами на основе обработки спутниковых изображений, получаемых спектрорадиометром MODIS.

Пожары являются одним из основных факторов, влияющих на динамику лесных экосистем и их ресурсно-экологический потенциал. Огромные площади лесов России, а также масштаб ежегодного повреждения их пожарами, измеряемый миллионами гектар, диктует необходимость использования средств дистанционного зондирования Земли из космоса для их мониторинга. Данные спектрорадиометра MODIS нашли широкое применение в различных задачах изучения природных пожаров благодаря наличию большого количества спектральных каналов, глобальному охвату, ежедневной периодичности, наличию большого объема накопленных данных и политике свободного распространения.

В ИКИ РАН был разработан ряд методов и технологий использования данных прибора MODIS для автоматизированного получения информации о природных пожарах на всей территории страны. Данные технологии позволили получить многолетние временные ряды данных, отражающие различные аспекты повреждения лесов России пожарами. В частности, в исследованиях, выполняемых в ИКИ РАН, нашел отражение важнейший вопрос оценки последствий воздействия пожаров на леса. Применение разработанного ранее алгоритма оценки степени повреждения лесов пожарами, включая выявление погибших от пожаров лесов, позволило получить временной ряд данных такого рода за период 2006-2017 гг. с пространственным разрешением 230 м.

Были выявлены значительные межгодовые колебания как значений площади пирогенной гибели лесов, так и доли погибших лесов в структуре пройденной огнем площади (рис 5). В частности доля погибших лесов от пройденной огнем их площади колеблется в различные годы в диапазоне от 27,6% до 67,4%, а ее среднемноголетняя величина составляет 48,8%.

Проведенный анализ результатов также позволил установить, что вероятности гибели леса сильно зависят как от сезона горения, так и от породного состава насаждений (рис. 6). Установлено, что наиболее деструктивными для древостоев являются летние пожары с достижением максимума гибели лесов в июле. Наименее пожароустойчивыми являются темнохвойные и светлохвойные леса, в то время как лиственные леса показали относительно высокий уровень пожароустойчивости. Полученные результаты открывают возможность исследования и разработки подхода к вероятностному прогнозированию гибели лесов от пожаров на основе многолетних статистических данных.

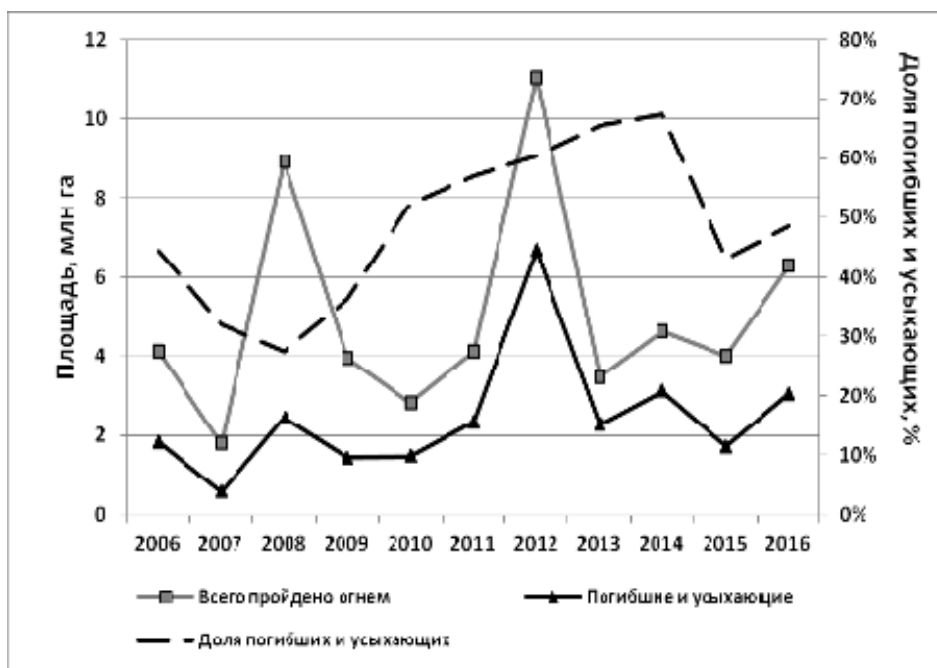


Рисунок 2.4.1 - Многолетние вариации характеристик воздействия пожаров на леса России по результатам обработки спутниковых данных

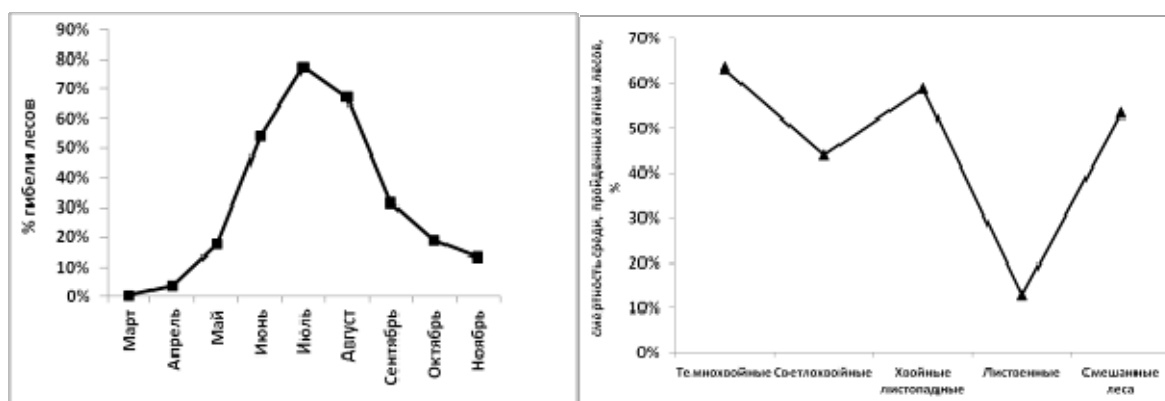


Рисунок 2.4.2 - Зависимость доли погибших лесов от сезона горения и типа леса

Временные ряды данных о повреждениях лесов России пожарами пополняются ежегодно в автоматическом режиме, позволяя накапливать статистические данные и открывая возможности глубокого изучения явления природных пожаров и его связей с климатическими, природными и антропогенными факторами.

2.5 Оценка масштабов и исследование основных факторов динамики наземных экосистем России на основе геопространственного анализа многолетних временных рядов характеристик их состояния, полученных по данным дистанционного зондирования со спутников (пункт 4.2.6 плана работ на 2016 г.)

Исследования и разработки в рамках данного раздела темы в 2017 году были направлены на оценку возможностей вероятностного прогнозирования пирогенной гибели лесов России на основе статического анализа результатов обработки данных многолетних спутниковых наблюдений

Последствия воздействия пожаров на леса России, с точки зрения степени повреждения древостоев, впервые были оценены на основе применения, разработанного в ИКИ РАН метода дистанционной оценки последствий воздействия пожаров на леса, основанного на данных о постпожарной динамике их отражательной способности в оптическом диапазоне. Упомянутый метод позволяет получать регулярные ежегодные оценки повреждения лесов пожарами в конце пожароопасного сезона, а его применение позволило накопить обширные временные ряды, отражающие последствия воздействия огня на леса России с 2006 по 2017 гг. Получаемые в конце пожароопасного сезона оценки могут рассматриваться в качестве постсезонной инвентаризации пирогенных повреждений лесов. В то же время существуют задачи, для которых необходимо более оперативная оценка и прогнозирование вреда от лесного пожара, такие как:

- оперативное прогнозирование вероятного вреда от лесного пожара с целью принятия решений о целесообразности его тушения;
- экспресс-оценка вреда от лесного пожара, выполненная в ближайшее время после его окончания, для планирования лесосанитарных мероприятий.

Такого рода задачи могут быть решены на основе прогнозирования развития пожара, а также прогнозирования вероятной гибели лесных экосистем в результате воздействия огня. На основе анализа результатов работы упомянутого метода оценки степени повреждения лесов установлено, что устойчивость лесов к пирогенному воздействию обусловлена датой воздействия пожара и породным составом. На основе многолетних статистических данных были получены зависимости вероятности гибели леса от сезона горения и типа леса (рис. 7.).

Полученные зависимости легли в основу предложенного подхода к выполнению прогноза пирогенных повреждений лесов для ожидаемой или фактически пройденной пожаром территории. Подход к прогнозированию гибели леса в результате воздействия пожара подразумевает последовательное выполнение следующих шагов:

- Получение данных о пройденной огнем площади. В зависимости от решаемой задачи, могут использоваться как результаты детектирования пройденной огнем площади, так и результаты прогнозирования распространения действующего пожара;
- Получение данных о распределении типов леса внутри пройденной огнем площади на основе использования карт растительного покрова, разработанных в ИКИ РАН;
- Применение распределений вероятности гибели леса в зависимости от породного состава и сезона горения. Распределения такого рода предлагается получать на основе многолетних статистических данных, полученных на основе обработки спутниковых изображений.

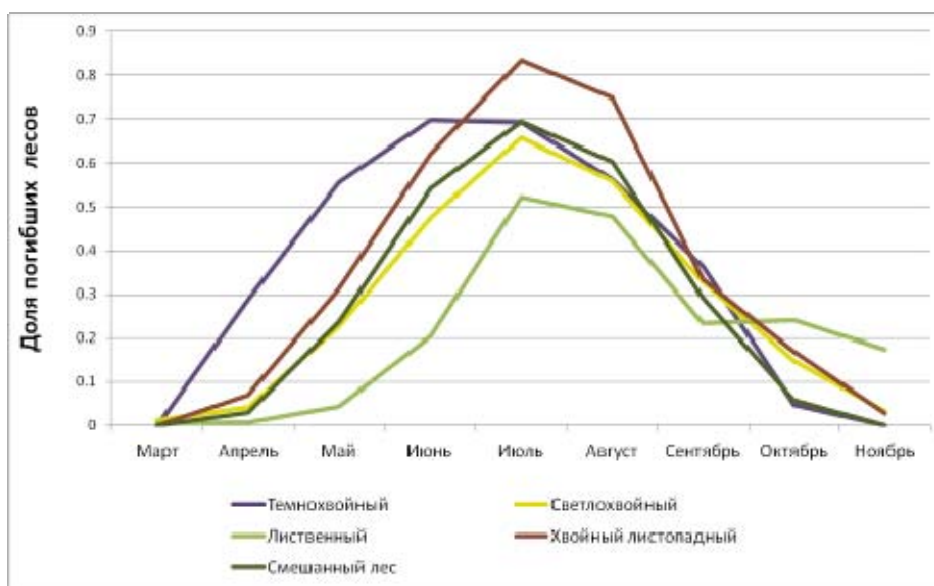


Рисунок 2.5.1 - Среднемноголетняя сезонная динамика пирогенной гибели лесов в зависимости от их принадлежности к различным группам древесных пород

Предложенный подход был реализован и протестирован для оценки гибели в результате пожаров в Сибирском и Дальне-Восточном регионах с 2011 по 2016 годы с последующим сопоставлением с результатами работы постсезонного метода оценки степени повреждения лесов пожарами. Оценка была выполнена для 11 тыс. пожаров, площадью более 500 га. На рисунке 8 представлено сопоставление результатов экспресс-оценки пирогенной гибели лесов с постсезонной оценкой, принятой за эталонную. Значение коэффициента корреляции, составившего 0.89, демонстрирует хорошую согласованность прогнозных и фактических оценок.

Таким образом, можно сделать вывод о принципиальной возможности вероятностного прогнозирования пирогенной гибели лесов России на основе статического анализа результатов обработки данных многолетних спутниковых наблюдений. В конце пожароопасного сезона такого рода оценки могут быть уточнены на основе применения соответствующего метода оценки пирогенной гибели лесов.

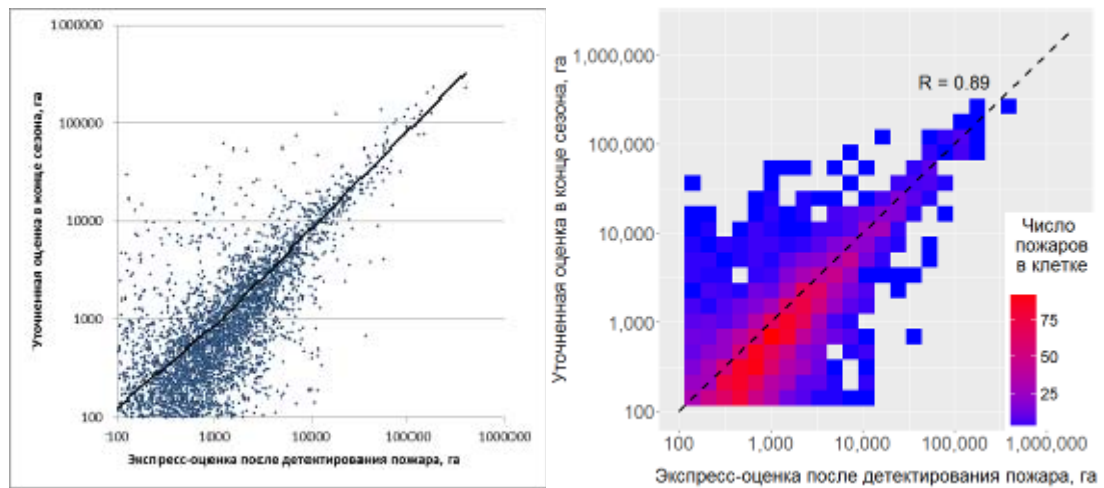


Рисунок 2.5.2 - Сравнение результатов прогнозирования и фактической оценки пирогенной гибели лесов

Заключение

Выполнение научно-исследовательских работ по теме «Мониторинг-Биосфера» проводилось в полном соответствии с утвержденным планом. В результате выполненных исследований и разработок в области спутникового мониторинга растительного покрова получил развитие метод дистанционной оценки индекса листовой поверхности растительного покрова по данным MODIS. Достигнут прогресс в области развития и практического применения возможностей дистанционного детектирования вырубок леса по спутниковым данным высокого пространственного разрешения. На основе результатов спутникового картографирования и моделирования осуществлено прогнозирование динамики растительного покрова России при различных сценариях изменения климата. Продолжено формирование многолетних временных рядов данных о повреждениях лесов

России пожарами на основе обработки спутниковых изображений, получаемых спектрорадиометром MODIS. Исследованы возможности вероятностного прогнозирования пирогенной гибели лесов России на основе статического анализа результатов обработки данных многолетних спутниковых наблюдений.

Научно-исследовательские работы по теме «Мониторинг-Биосфера» выполнены в полном объеме.

РАЗДЕЛ 3 МОНИТОРИНГ-КЛИМАТ

Введение

В 2017 г. в рамках работ по теме «Мониторинг» были запланированы следующие работы:

- Разработка научных основ и методов анализа глобальных спутниковых наблюдений для объективной оценки изменений окружающей среды и климата в том числе:
 - Развитие методов изучения проявления климатических тенденций в системе океан-атмосфера и в структуре радиотеплового поля Земли с использованием данных микроволнового спутникового мониторинга – радиотепловидения.
 - Проведение количественных исследований процессов переноса скрытого тепла в общей системе глобальной циркуляции атмосферы Земли на синоптических и климатически значимых масштабах, в частности, переноса скрытого тепла из Атлантики в Арктику в контексте проблемы изучения климатических и погодных изменений арктической зоны.
 - Использование физической электродинамической модели радиоизлучения арктического ледяного покрова для изучения пространственно-временных характеристик различных регионов Северной полярной шапки по данным многочастотной микроволновой спутниковой радиометрии в контексте задач изучения изменчивости климатических параметров планеты.
 - Проведение анализа изменения ледового покрова Арктики за период 1987-2019гг. на основе разработанного нового алгоритма (VASIA2) с использованием базы SSM/I и SSMIS изображений полярных районов POLE-RT-Fields, с привлечением многолетнего массива наблюдений за морским льдом. Проведение анализа ежегодной эволюции площади ледопокрития и снежниц на арктическом морском льду за период 1987-2019гг. с помощью алгоритма VASIA2. и нелинейного регрессионного анализа временных стохастических рядов площади ледопокрития.
 - Развитие методов научного прогноза изменения климатического состояния системы океан-атмосфера в Арктике и в тропической зоне Земли под воздействием природных факторов на основе современных и перспективных спутниковых комплексов.
 - Разработка дифференциальных радиотепловых методов и технологического облика космической системы для определения высотных профилей температуры и влажности атмосферы по радиотепловым измерениям; разработка, в том числе выпуск окончательного эскизного проекта КЭ «Конвергенция».
- Разработка научных подходов организации дистанционного мониторинга природных катастрофических явлений, риска их возникновения и их последствий (ураганов, извержения вулканов, землетрясений и др.). В том числе:
 - Создание научных баз данных глобального тропического циклогенеза за 1983 -2019гг. и базы радиотепловых данных за 1987-

2019гг. модернизированных микроволновых комплексов по программе DMSP и последующих программ.

- Разработка научных подходов и методов к организации мониторинга вулканической активности с помощью современных систем и технологий спутниковых наблюдений В том числе разработка новых методов в оценки характеристик извержений на основе комплексного анализа результатов математического моделирования динамики распространения пепловых шлейфов и данных спутниковых наблюдений (совместно с ИВиС ДВО РАН и ВЦ ДВО РАН).

Настоящий раздел посвящён описанию основных результатов, полученных при выполнении данных работ. Полученные в рамках работ 2016 года результаты также изложены в следующих публикациях [19, 20, 25, 32, 38, 39, 44-49, 94, 95, 97, 101, 108, 154, 165, 167-172, 175, 176, 188, 198, 199].

3.1 Разработка научных основ и методов анализа глобальных спутниковых наблюдений для объективной оценки изменений окружающей среды и климата (пункт 4.3.1 плана работ на 2017 г.)

3.1.1 Развитие методов изучения проявления климатических тенденций в системе океан-атмосфера и в структуре радиотеплового поля Земли с использованием данных микроволнового спутникового мониторинга – радиотепловидения. (пункт 4.3.1.1 плана работ на 2017 г.)

В настоящее время в отделе № 55 в кооперации с сотрудниками ФИРЭ РАН продолжают активно разрабатываться предложенная ранее методика и соответствующее программное обеспечение для выполнения спутникового радиотепловидения при наблюдении (в режиме анимации) мезомасштабных и синоптических процессов в земной атмосфере. Методика состоит в пространственно-временной интерполяции и анализе измеренных с полярно-орбитальных спутников радиотепловых полей Земли и восстановленных по ним полей геофизических характеристик. Предложенная методика позволяет получать динамическое описание эволюции рассматриваемых полей с временным шагом (пикселом) до рекордных значений — 1,5 ч на глобальной регулярной географической сетке с шагом до $0,125^\circ$, что, во-первых, является мировым достижением в данной проблематике, и, во-вторых, предоставляет уникальную возможность прямого расчёта физических величин, характеризующих энергетические аспекты массо- и энергопереноса в атмосферных системах с горизонтальными размерами от 100 км и развивающихся на субсуточных и более длительных интервалах времени, вплоть до процессов синоптического масштаба и, в первую очередь, полей водяного пара в атмосфере Земли. В 2017 г. работа была направлена на развитие детальных физических, математических и методических основ подхода спутникового радиотепловидения. Основной решённой задачей является создание и математическое описание замкнутой схемы вычисления потоков скрытого тепла (и иных интегральных характеристик динамики геофизических полей) через произвольно задаваемые контуры (границы). Предложенное новое описание контура, в совокупности с ранее полученными результатами, открывает возможность моделирования не только статических, но и произвольно перемещающихся и деформирующихся границ, что чрезвычайно важно в условиях меняющихся климатических состояний атмосферы Земли.

В публикациях за 2017 г. детально обсуждены направления дальнейшего развития подхода спутникового радиотепловидения. Совершенствованию методики, несомненно, будет способствовать расширение анализа на максимально возможный объем доступных спутниковых данных. К настоящему моменту авторы уже располагают значительными массивами накопленных и обработанных данных.

3.1.2 Проведение количественных исследований процессов переноса скрытого тепла в общей системе глобальной циркуляции атмосферы Земли на синоптических и климатически значимых масштабах, в частности, переноса скрытого тепла из Атлантики в Арктику в контексте проблемы изучения климатических и погодных изменений арктической зоны. (пункт 4.3.1.2 плана работ на 2017 г.)

Летние сезоны 2015–2017 гг. характеризовались очень высокой активностью тропического циклогенеза, особенно в северном полушарии и в частности в Северной Атлантике. В этих условиях наиболее вероятно образование систем двойных (взаимодействующих) ТЦ, частота возникновения которых максимальна в северо-западном регионе Тихого океана и в Северной Атлантике. Системы двойных ТЦ привлекают повышенное внимание исследователей в связи с тем, что взаимодействие ТЦ может приводить, с одной стороны, к существенным отклонениям их траекторий от прогнозируемых и влиять на эволюцию ТЦ, а, с другой — серьёзным изменениям в функционировании полярного переноса и, в частности, переноса скрытой теплоты из Атлантики в арктическую зону. В качестве кандидата на роль двойной системы ТЦ были рассмотрены [Ермаков и др., 2017] два мощных ТЦ Goni и Atsani (11–26 августа 2015 г.), которые долгое время двигались параллельными курсами над открытым океаном, почти синхронно меняя свою интенсивность. При взаимодействии двух ТЦ в зависимости от начальных условий могут реализовываться принципиально различные сценарии совместного движения: циклоническое вращение с разбеганием, деформация или полное разрушение одного ТЦ, частичное или полное слияние ТЦ. При такой сложной динамике важная задача стоит перед дистанционным зондированием понять алгоритмы вычисления полной энергии системы взаимодействующих ТЦ. Важным энергетическим аспектом взаимодействия ТЦ является формирование адвективных потоков в нижней тропосфере, как основного фактора энергетического баланса ТЦ. Анимация облачных систем, наблюдаемых с метеорологических спутников Himawari-8 (JMA) и SNPP(NOAA), а также визуализация результатов моделирования нижних слоев атмосферы показывают, что формирование воздушных потоков носило сложный характер с рядом специфических особенностей (рис. 3.1.2.1).

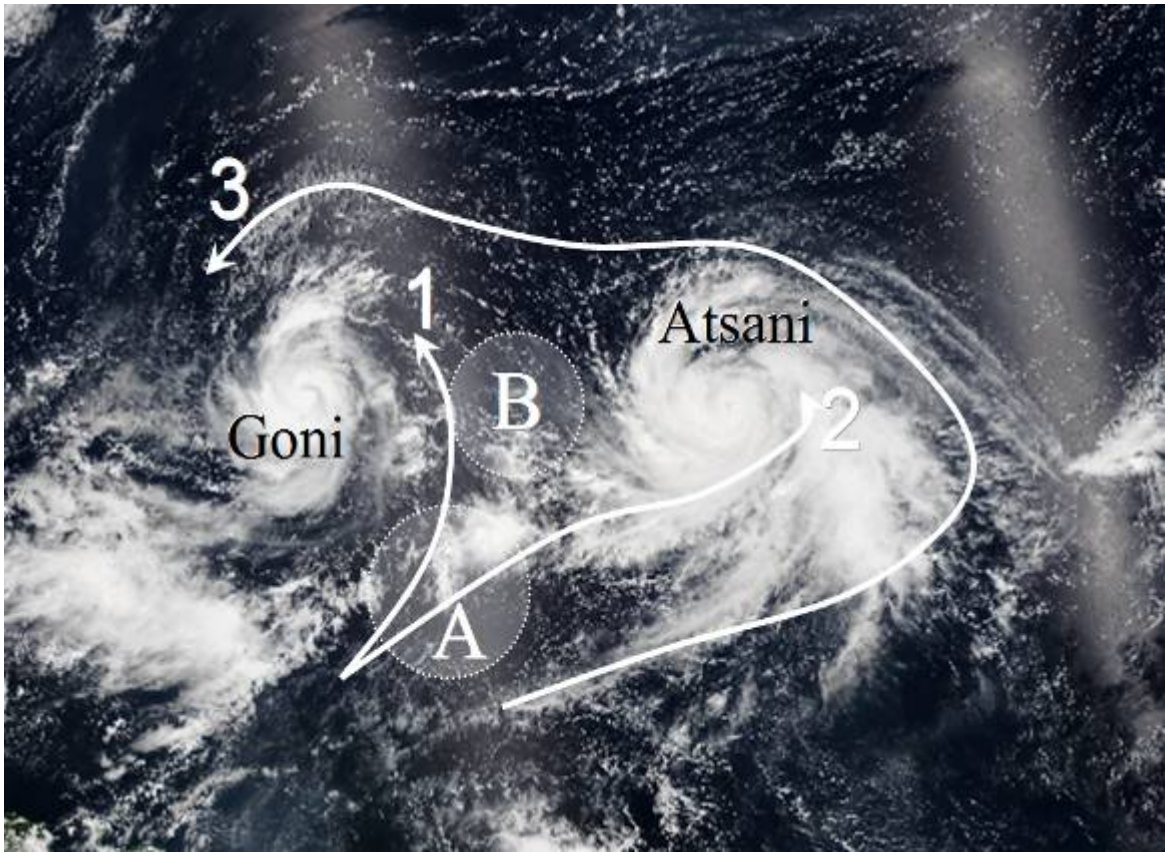


Рисунок 3.1.2.1 — Схема основных тропосферных потоков в системе ТЦ Goni и Atsani:

- A — область сильных дивергентных потоков, разветвляющихся к центрам Goni (1) и Atsani (2);
 B — область слабых неустойчивых потоков; (3) — поток, охватывающий систему ТЦ в циклоническом направлении. Фоновое изображение — по архивным данным NOAA (www.nvvl.noaa.gov/view/globaldata.html#TRUE) за 18.08.2015 г.

В соответствии с потоковой методикой, предложенной авторами, картина принципиально меняется при анализе системы ТЦ Goni и Atsani с помощью контуров составного типа (рис. 3.1.2.2). Так, сопоставление характеристики V_2 интенсивности системы ТЦ (кривая 1) с адвекцией тепла Q через составной контур с $R = 11^\circ$ (кривая 2, около 5 ПВт в максимуме) выявляет чёткое соответствие во всех фазах существования системы. Близкая картина (за исключением последних чисел 24-25 августа) получена и для контура с $R = 9^\circ$ (кривая 3). Однако уже при $R = 8^\circ$ это соответствие, особенно в первой половине эволюционного пути системы, резко нарушается, что, вероятно, обусловлено ранним размыканием контуров и увеличивающимся влиянием проблемных для анализа областей A и B (см. рис. 3.1.2.1).

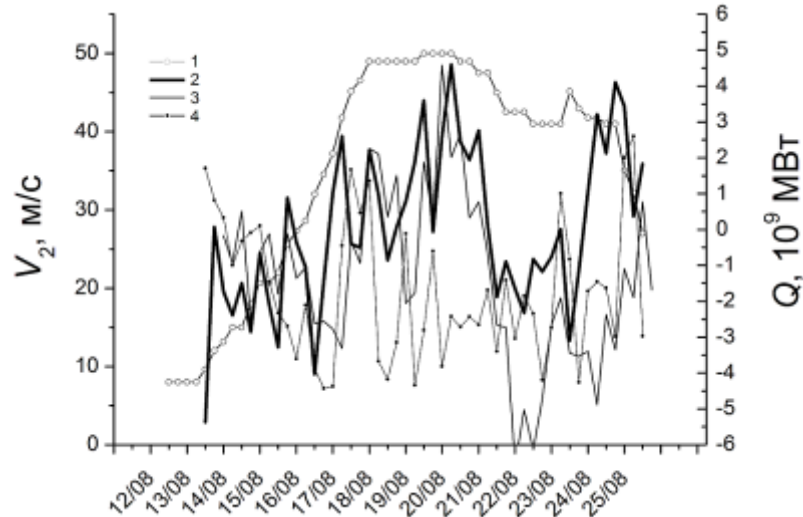


Рисунок 3.1.2.2 — Интенсивность системы ТЦ Goni и Atsani, V_2 (линия 1, левая шкала) и адвекция скрытого тепла Q (линии 2–4, правая шкала) через составные контуры с $R = 11$; 9; 8°

В настоящей работе подход спутникового радиотепловидения впервые применён для анализа эволюции двойной системы ТЦ. При этом взаимодействие ТЦ в системе не сказывалось явно на траекторных особенностях, но формировало сложные адвективные потоки скрытого тепла в нижней тропосфере. Расчёт этих потоков на основе ранее разработанной методики имел важную особенность, связанную с выбором охватывающих контуров сложной конфигурации. В силу специфических условий развития системы ТЦ Goni и Atsani удалось промоделировать деформирующийся составной контур на основе пары круговых. В результате, как и в работах авторов, посвящённых анализу индивидуальных ТЦ, показана взаимосвязь между интенсификацией и диссипацией системы ТЦ и притоком скрытого тепла к системе ТЦ из окружающей атмосферы. В общем случае обоснование выбора формы и других характеристик охватывающих контуров, вероятно, потребует привлечения больших объемов дополнительной информации (и разработки общей концепции динамических контуров), что станет предметом дальнейших исследований.

3.1.3 Использование физической электродинамической модели радиоизлучения арктического ледяного покрова для изучения пространственно-временных характеристик различных регионов Северной полярной шапки по данным многочастотной микроволновой спутниковой радиометрии в контексте задач изучения изменчивости климатических параметров планеты. (пункт 4.3.1.3 плана работ на 2017 г.)

Анализ фенологических фаз ледяного покрова крупных пресноводных озёр северного полушария Земли по данным SMOS

На основе модели собственного микроволнового излучения плоскостлой неоднородной, неизотермической среды разработан метод определения фенологических фаз ледяного покрова крупных пресноводных водоёмов по данным радиометра MIRAS (1,4 ГГц) спутника SMOS (на примере озёр Байкал, Ладожское, Большое Медвежье, Большое Невольничье, Гурон). Создана методика определения начала весеннего разрушения льда озера по спутниковым данным. Полученные результаты могут быть использованы для определения сроков действия ледовых переправ (зимников), так как

начиная с этого периода лёд становится ненадёжным и не может быть использован в качестве естественных переправ через водные объекты (реки, озера).

На рисунке 3.1.3.1 представлены сезонные вариации за 2012–2013 гг. яркостных температур на частоте 1,4 ГГц центральной части озера Байкал в районе посёлка Давша. Радиометр MIRAS спутника SMOS, угол зондирования $42,5^\circ$.

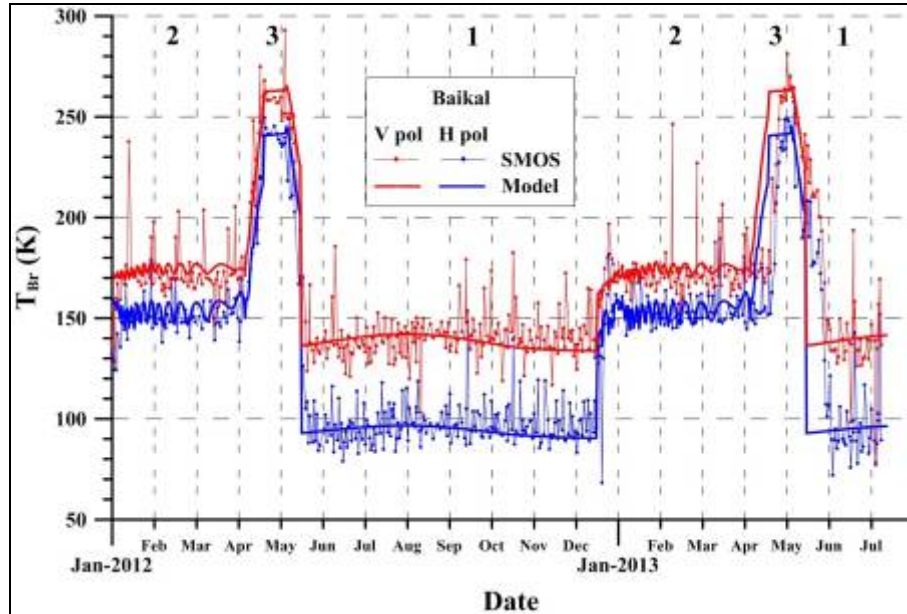


Рисунок 3.1.3.1

Анализ спутниковых данных позволил выявить для замерзающих пресноводных озёр три характерные временные области значений яркостных температур (см. рисунок 3.1.3.1).

Область 1 связана с излучением свободной ото льда водной поверхности озера Байкал в период середина мая – середина декабря. В этой области ход яркостной температуры определяется температурой водной поверхности, волнением и пенными образованиями. На Байкале сезон сильных ветров начинается с сентября-октября и продолжается вплоть до ледостава. В этот период высота волн достигает 5–6 м и более. Этой особенностью и объясняются «всплески» яркостной температуры.

Вторая временная область яркостных температур на рисунке связана с установившимся ледяным покровом. Для озера Байкал эта область соответствует периоду с середины декабря по апрель. Здесь первоначально происходит резкое повышение яркостной температуры на 20–60 К в зависимости от поляризации излучения и метеоусловий. Оно связано с появлением сплошного ледяного покрова. Далее происходит постепенное возрастание яркостной температуры на величину порядка 10 К. Это возрастание объясняется увеличением толщины ледяного покрова, которое для озера Байкал достигает 100–140 см. Осцилляции яркостной температуры (по данным MIRAS) в этой области объясняются интерференционной картиной, возникающей при отражении излучения от верхней и нижней границы ледяного покрова. Лёд в этот период характеризуется низкими диэлектрическими потерями — мало пор (трещин) и жидкой воды. Глубина формирования излучения в диапазоне 21 см значительно превосходит толщину льда, и ледяной покров выступает в качестве дополнительного излучающего слоя к излучению водной поверхности. Этот факт полностью подтверждается модельными расчётами (толстые линии на рисунке). Наличие сухого снежного покрова на поверхности льда почти не оказывает влияние на излучающие свойства озёр, так как в используемом диапазоне (1,4 ГГц) сухой снег практически прозрачен. Также «всплески» яркостной температуры (по данным MIRAS) во второй области могут быть связаны с локальными

температурными вариациями — кратковременным таянием снежного покрова из-за воздействия солнечной радиации и последующим замерзанием.

Третья область на рисунке характеризуется кратковременным резким возрастанием яркостной температуры на величину порядка 90 К. Она соответствует периоду кардинального изменения в структуре ледяного покрова (период интенсивного разрушения и таяния), а также таянию снежного покрова. Возникновение данного эффекта связано с изменением физических свойств льда при его разрушении (появлении большого количества трещин) и таянии (насыщение трещин жидкой водой). Появление трещин и воды во льду изменяет его диэлектрические свойства — сильно увеличивается поглощение электромагнитного излучения. Увеличение поглощения во льду приводит к повышению яркостной температуры ледяного покрова, так как сильно уменьшается глубина формирования излучения (она становится меньше толщины льда), что приводит к экранированию микроволнового излучения, идущего от водной поверхности. Снежный покров в этот период характеризуется небольшой толщиной (5–10 см) и максимальной влажностью (8–20 %). Глубина формирования излучения снежного покрова в этот период небольшая (~40 см), но все же больше, чем толщина слоя снега на льду озера. Поэтому слой влажного снега оказывает такое же влияние на излучение в области 3, как ледяной покров во временной области 2. Только здесь снежный покров вносит дополнительное излучение к излучению тающего льда. В области 3 основной вклад в излучение даёт разрушающийся влажный ледяной покров, однако влияние излучения снежного покрова тоже существенно. Связано это с появлением жидкой воды и, соответственно, возрастанием эффектов рассеяния и поглощения излучения в снегу. Причём вклад излучения влажного снежного покрова в излучение озера больше для горизонтальной поляризации, чем для вертикальной. Для озера Байкал область 3 соответствует периоду с начала апреля по май.

Выявленные закономерности сезонных вариаций яркостных температур и связанные с ними фенологические фазы ледяного покрова могут быть использованы для оценки гидрологических режимов замерзающих внутренних водоёмов (озёр, искусственных водохранилищ) по данным спутниковой микроволновой радиометрии.

3.1.4 Проведение анализа изменения ледового покрова Арктики за период 1987-2019гг. на основе разработанного нового алгоритма (VASIA2) с использованием базы SSM/I и SSMIS изображений полярных районов POLE-RT-Fields, с привлечением многолетнего массива наблюдений за морским льдом. Проведение анализа ежегодной эволюции площади ледокрытия и снежниц на арктическом морском льду за период 1987-2019гг. с помощью алгоритма VASIA2. и нелинейного регрессионного анализа временных стохастических рядов площади ледокрытия. (пункт 4.3.1.4 плана работ на 2017 г.)

Продолжено накопление данных комплексов дистанционного зондирования DMSP-SSM/I до SSM/I на КА F 18, предназначенных для мониторинга поверхности Земли. В настоящее время накоплены данные с 1987 по 2017 г. для Северного и Южного полушарий. Объёмы данных для каждого полушария равны примерно 100 ГГб в упакованном виде. Данные представлены в новой полярной проекции.

Для работы с данными модернизированы пакеты программ, позволяющих распаковку данных, формирование радиотепловых полей для северного и южного полушарий, построение временных рядов радиотепловых температур для выбранных фрагментов и отдельных географических координат, что позволяет провести сопоставление с данными, получаемые на станциях наземного наблюдения.

Для каждого суточного интервала по многоканальным радиотепловым полям рассчитываются ледовые поля несколькими алгоритмами — до пяти, в том числе вычисление полей молодых льдов и «снежниц», вычисляются площади ледового покрытия, вычисляются минимальное и максимальное значение площади с 1987–1982 по

2017 г. В настоящее время проводится аналитическая работа по корреляционному анализу временных изменений этих величин. По полученным данным подготавливаются научные публикации.

3.1.5 Развитие методов научного прогноза изменения климатического состояния системы океан-атмосфера в Арктике и в тропической зоне Земли под воздействием природных факторов на основе современных и перспективных спутниковых комплексов (пункт 4.3.1.5 плана работ на 2017 г.)

Принципиальным моментом в научном прогнозе климатического состояния системы океан-атмосфера в Арктическом регионе является количественное и качественное состояние площади Северной полярной шапки в зимний сезон (февраль) и в летний сезон (сентябрь) на основе информации о состоянии ледокрытия в предыдущие годы. Подавляющее большинство отечественных и зарубежных работ базируется на концепции «трендового» подхода, т.е. регрессионных моделей первого порядка. Детальное исследование стохастических режимов временной эволюции арктического ледового покрова Северной полярной шапки (СПШ) за 1987–2014 гг., выполненных сотрудниками отдела исследования Земли из космоса ИКИ РАН в 2015–2016 гг., с помощью регрессионных моделей высокого порядка (от второго до шестого) позволило получить убедительные доказательства о признании чисто линейного регрессионного подхода при анализе стохастической модели временной эволюции ледового покрова СПШ за трёхдекадный временной период принципиально некорректным (Раев и др. Особенности стохастического режима временной эволюции арктического ледового покрова за период 1987–2014 гг. по данным микроволнового спутникового зондирования на основе алгоритма NASA TEAM 2 // Исследование Земли из космоса. 2015. № 2. С. 41–48). Дальнейшие исследования, предпринятые в 2017 г., подтвердили указанное утверждение при помощи продления нелинейной регрессионной кривой на 3–4 года «вперёд» и с последующим сопоставлением с экспериментальными данными по восстановлению минимальной площади СПШ за сентябрь месяц текущего года (рис. 3.1.5.1).



Рисунок 3.1.5.1 — Минимальные значения площади (в млн км²) ледового покрова СПШ в сентябре текущего года за срок 1992–2017 год. Сплошная линия — восстановленные значения по спутниковым данным радиотеплового комплекса миссии DMSP; плавная штрих-пунктирная линия — регрессионная кривая четвёртого порядка

Произошедшее в сентябре 2002 г. сильное понижение минимальной площади СПШ до 5 млн. км² (см. рис. 3.1.5.1.) вызвало оживлённые дискуссии в научной прессе с ожиданием быстрого наступления безледяного (летнего) сезона в Северном ледовитом океане, о котором так много говорили представители концепции «глобального потепления» и что следовало по методу линейного тренда. Однако глобальные циркуляционные процессы помешали этим прогнозам сбыться — в 2013 и 2014 гг. значение сентябрьских площадей СПШ резко подскочило и составило около 6,5 млн км², и затем установилось в районе 6–6,5 млн км².

При исследовании в 2017 г. была предпринята попытка краткосрочного прогноза состояния СПШ в летний месяц на базе выявления нелинейной регрессионной кривой четвёртого порядка в промежутке от 1992 до 2014 г. и затем продления её до 2017 г. Результат сопоставления с экспериментальными данными восстановления площади по радиотепловым спутниковым наблюдениям оказался удивительным — кривая регрессии практически точно совпала с данными 2015–2016–2017 гг. (см. рис. 3.1.5.1). Причём наблюдается положительная тенденция к росту значения летней площади СПШ.

Это говорит о том, что нелинейный регрессионный анализ имеет большие потенциальные возможности для анализа статистических свойств сложных геофизических систем. По результатам настоящих исследований готовятся публикации в научные журналы.

3.1.6 Разработка дифференциальных радиотепловых методов и технологического облика космической системы для определения высотных профилей температуры и влажности атмосферы по радиотепловым

измерениям; разработка, в том числе выпуск окончательного эскизного проекта КЭ «Конвергенция». (пункт 4.3.1.6 плана работ на 2017 г.)

В рамках этого пункта разработан новый дифференциальный радиометрический метод восстановления профиля водяного пара в нижних слоях тропосферы, который имеет существенно лучшее высотное разрешение, чем известные в настоящее время методы. В большинстве современных зарубежных систем микроволнового зондирования, предназначенных для определения профилей водяного пара, используются каналы (от трёх до шести), работающие в окрестности линии поглощения водяного пара 183,31 ГГц. Однако пока только французско-индийский спутник Megha-Tropiques, запущенный 12 октября 2011 г., начал выдавать профили водяного пара на шести уровнях до высоты около 12 км. В его состав включены радиометр SAPHIR, имеющий шесть каналов на частоте 183 ГГц, и радиометр MADRAS, работающий на частотах 10,6; 18; 23; 36; 89 и 157 ГГц [Eymard L. et al. The SAPHIR humidity sounder // Megha-Tropiques 2nd Scientific Workshop. Paris, France, 2–6 July 2011]. На рисунке 3.1.6.1 слева представлены весовые функции для прибора SAPHIR Megha-Tropiques, которые используют полосы поглощения водяного пара в окрестности 183 ГГц, применяющего следующие частотные каналы: 1 — $183,31 \pm 0,15$ ГГц; 2 — $183,31 \pm 1,2$ ГГц; 3 — $183,31 \pm 2,8$ ГГц; 4 — $183,31 \pm 4,3$ ГГц; 5 — $183,31 \pm 6,6$ ГГц; 6 — $183,31 \pm 11,0$ ГГц. На рисунке видно, что данные каналы практически не реагируют на изменение водяного пара в слое 0–1,6 км и очень слабо реагируют на слой 0–3 км. Этот факт приводит к плохой обусловленности решения обратной задачи восстановления профиля водяного пара и является причиной высоких погрешностей измерений в нижнем слое. А именно в этом слое сосредоточена большая часть водяного пара и именно здесь формируются опасные явления. Поэтому весьма важно найти такие частоты, которые будут избирательны к водяному пару в слое 0–3 км.

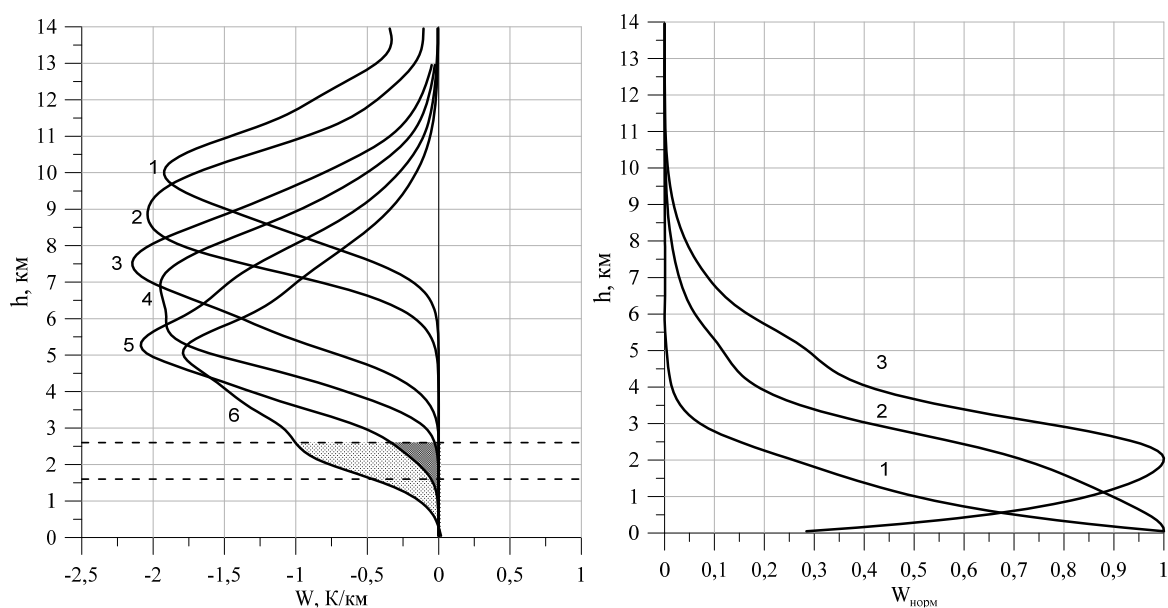


Рисунок 3.1.6.1 — Слева представлены весовые функции чувствительности каналов прибора SAPHIR Megha-Tropiques к изменению влажности для стандартной тропической атмосферы. Справа — для дифференциальных радиометрических сигналов: 1 — $\nu_1 = 26,5$ ГГц, $\nu_2 = 18,7$ ГГц; 2 — $\nu_1 = 26,5$ ГГц, $\nu_2 = 25,5$ ГГц; 3 — $\nu_1 = 24,5$ ГГц, $\nu_2 = 25,5$ ГГц (интегральная влажность $4,1 \text{ г/см}^2$ при горизонтальной поляризации, угле падения 55° , температуре поверхности 300 К)

Разработанный метод основан на дифференциальных измерениях яркостных температур на нескольких парах длин волн в окрестности линии поглощения водяного пара 22,235 ГГц. Выбор пар частот ν_1 – ν_2 для дифференциальных измерений в окрестности

22 ГГц проводился так, чтобы получить наилучшую избирательность весовой функции к тому или иному слою нижней тропосферы и определялся по трём критериям. Первый — положение максимума дифференциальных весовых функций, набор которых должен перекрыть диапазон высот 0–4 км. Второй критерий — минимальная ширина дифференциальной весовой функции, которая обеспечивает избирательность по высоте. Третий критерий состоит в стремлении к наибольшей величине дифференциального сигнала, от которого зависит требуемая чувствительность измерительных каналов радиометра. На рисунке 3.1.6.1 справа представлены три весовые функции чувствительности дифференциальных измерений к изменению водяного пара, которые используют следующие пары частот: 1 — $\nu_1 = 26,5$ ГГц, $\nu_2 = 18,7$ ГГц; 2 — $\nu_1 = 26,5$ ГГц, $\nu_2 = 25,5$ ГГц; 3 — $\nu_1 = 25,5$ ГГц, $\nu_2 = 25,5$ ГГц. На рисунке видно, что полученные весовые функции имеют хорошую пространственную избирательность именно в нижних слоях тропосферы.

Были проведены оценки влияния погрешности восстановления параметров подстилающей поверхности (температуры, солёности, скорости ветра) на точность дифференциальных методов. Оказалось, что этот вклад не превышает 20 % от уровня дифференциальных сигналов. Показано, что такой уровень погрешности не нарушает устойчивости решения обратной задачи. Проведённые исследования позволили рекомендовать использование дифференциального радиометрического метода измерения профиля водяного пара в проекте КЭ «Конвергенция».

3.2 Разработка научных подходов организации дистанционного мониторинга природных катастрофических явлений, риска их возникновения и их последствий (ураганов, извержения вулканов, землетрясений и др.) (пункт 4.3.2 плана работ на 2016 г.)

3.2.1 Создание научных баз данных глобального тропического циклогенеза за 1983–2019 гг. и базы радиотепловых данных за 1987–2019 гг. модернизированных микроволновых комплексов по программе DMSP и последующих программ. (пункт 4.3.2.1 плана работ на 2017 г.)

Сформирована научная база данных глобального тропического циклогенеза за 2005–2017 гг. на основе специального препроцессинга (предварительной обработки) исходных «сырых» данных для задач изучения изменчивости климатических параметров планеты. Блок базы данных за 2005–2017 гг. сформирован на основе ежесуточной информации, полученной из интернета с сайта Joint Typhoon Warning Center (Stennis Space Center, MS, NOAA) и сайта National Hurricane Center (Miami, FL, NOAA). Принципиальной особенностью тропического циклогенеза за 2017 г. стал циклогенезис Северной Атлантики с последовательной генерацией целой серии сильнейших за последние десятилетия в земной атмосфере тропических циклонов. Общее число ТЦ и ТВ в Северной Атлантике составило 19 метеобъектов различной интенсивности. Так, в сентябре-октябре 2017 г. в Северной Атлантике серия ТЦ состояла из семи ТЦ: ТЦ Harvey; ТЦ Irma (минимальное давление в глазе ТЦ составило $P = 914$ мб; азимутальное максимальное значение скорости ветра составило $V = 83$ м/с; 5 категория по шкале Saffir-Simpson); ТЦ Jose ($P = 938$ мб; $V = 70$ м/с; 4 категория по шкале SS); ТЦ Katia ($P = 946$ мб; $V = 46$ м; 4 категория); ТЦ Lee; ТЦ Maria ($P = 916$ мб; $V = 78$ м/с; 5 категория). Сотрудники отдела исследования Земли из космоса предпринимают активные попытки детального анализа термодинамического состояния тропической зоны Атлантики с целью распознавания причин такого мощного циклогенеза. Также это обстоятельство привлекло пристальное внимание многих специалистов-климатологов и послужило рождению целого ряда гипотез о возможном изменении глобальных циркуляционных процессов в системе океан-атмосфера.

Развитие методов формирования научной базы данных глобальных радиотепловых полей системы океан-атмосфера POLE-RT-Fields на основе многолетних данных дистанционного микроволнового зондирования по программам DMSP и Aqua продолжалось и в 2017 г. В 2017 г. было продолжено формирование, накопление и подготовка к тематической обработке частной научной базы данных POLE-RT-Fields, созданной на основе разработанной в отделе исследования Земли из космоса ИКИ РАН базы данных GLOBAL-RT — данных спутниковых многоканальных микроволновых радиотепловых комплексов по программе DMSP (NASA). К настоящему времени накоплены и используются в тематической обработке данные комплекса AQUA — шестиканального двухполяризационного прибора AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer) — за период с 2002 по 2011 г. и данных комплексов программы DMSP — семиканальных микроволновых приборов SSM/I и SMIS (F08-F17) — за период с 1987 по 2017 г. Разработаны пакеты специализированных программ, позволяющих провести предварительную и тематическую обработку. Использование данных, доступных в указанной базе, позволило начать предварительные исследования по динамике ледового покрова в Арктике и Антарктике. Материалы обработки направлены в печать и частично уже опубликованы (см. список публикаций отдела № 55 за 2017 г.).

3.2.2 Разработка научных подходов и методов к организации мониторинга вулканической активности с помощью современных систем и технологий спутниковых наблюдений В том числе разработка новых методов в оценки характеристик извержений на основе комплексного анализа результатов математического моделирования динамики распространения пепловых шлейфов и данных спутниковых наблюдений (совместно с ИВиС ДВО РАН и ВЦ ДВО РАН) (пункт 4.3.2.2 плана работ на 2017 г.)

В 2016-2017 годах ИКИ РАН совместно с ИВиС ДВО РАН и ДЦ ФГБУ «НИЦ "Планета"» создали и внедрили в информационную систему мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил (<http://volcanoes.smislab.ru>), технологию, позволяющую использовать информацию, оперативно поступающую с геостационарного спутника нового поколения Himawari-8. Это обеспечило возможность оперативного получения постоянно обновляющейся информации (каждые 10 мин) и ее анализа для решения как оперативного мониторинга извержений, так задач исследования различных вулканических процессов с использованием данных квазинепрерывных спутниковых наблюдений. Подробно возможности созданной технологии описаны в работе. Внедрение созданной технологии фактически обеспечило исследователей новыми инструментами для исследования быстропротекающих вулканических процессов и позволило начать разработку новых методик для обработки и анализа спутниковых данных. В 2017 году эти возможности позволили получить уникальную информацию об одновременных извержениях нескольких вулканов Северной группы Камчатки, которые происходили в период с 14 по 18 июня 2017 года (см. рис 3.3.2).

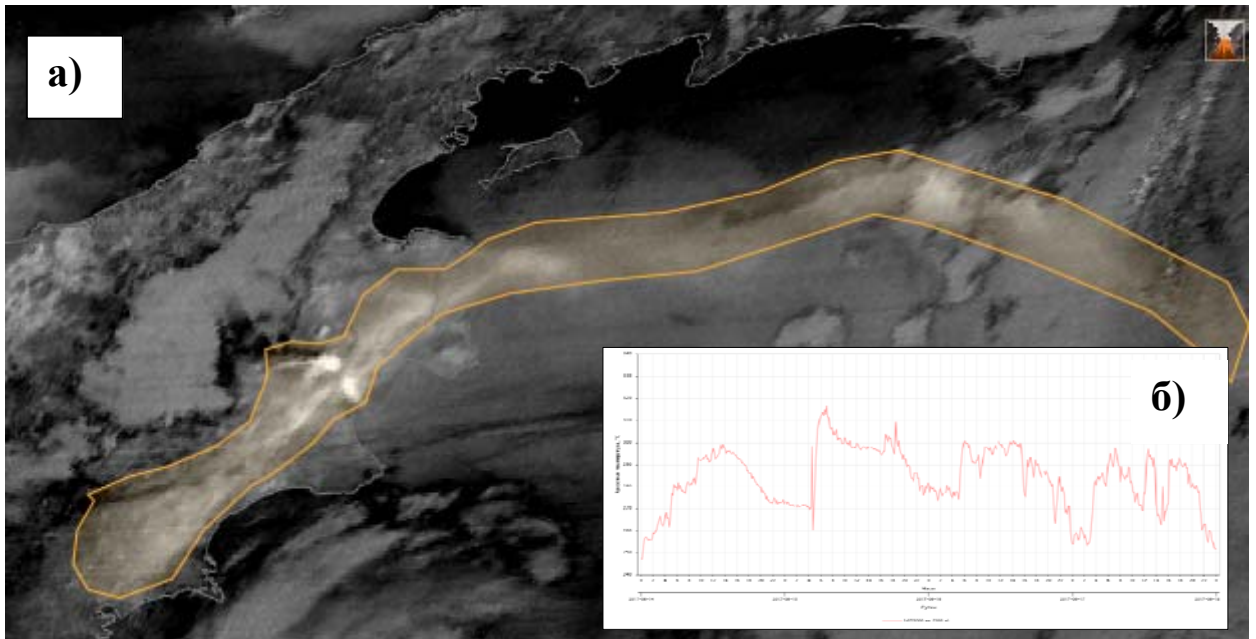


Рис.3.2.1. а) территория, на которую распространились пепловые шлейфы при извержениях нескольких вулканов Камчатки период 14-15 июня 2017 года по состоянию на 15:20 MSK б) непрерывные наблюдения яркостной температуры тепловой аномалии на вулкане Шивелуч в период с 14 по 18 июня 2017 года

Также в 2017 году проводилась разработка и внедрение в систему различных инструментов анализа данных, необходимых для изучения вулканической активности Камчатки и Курил. В том числе были созданы инструменты расчета высоты облачного покрова, с помощью которого можно по данным метеорологических спутниковых систем (в том числе геостационарных спутников) оценивать в конкретных точках высоту облачности или пепловых шлейфов, выброшенных в атмосферу в результате извержений вулканов, и инструменты оценки интегральных характеристик пепловых шлейфов.

Заключение

Результаты, представленные в настоящем разделе, показывают, что работы по соответствующим пунктам плана работ ИКИ РАН на 2017 г. выполнены.

РАЗДЕЛ 4 МОНИТОРИНГ-ОКЕАН

Введение

В 2017 году в рамках работ по теме «Мониторинг» были запланированы следующие работы:

- Развитие и экспериментальная апробация методик микроволновых исследований нелинейной динамики в прибрежной зоне моря на основе современных радиолокационных и скаттерометрических микроволновых комплексов.
- Разработка методик и проведение экспериментальных исследований нелинейной динамики спектральных компонент морского волнения методами пассивной и активной радиополяриметрии для решения задач экологического мониторинга.
- Разработка и создание микроволнового радиометрического комплекса нового поколения для измерения параметров океана и атмосферы.
- Совершенствование методик обработки и совместного анализа данных новейших микроволновых сенсоров космического базирования и апробация их для решения задачи контроля экологического состояния морей российской Арктики (2017-2019 год).
- Совершенствование и апробация методов количественной оценки и изменения экологического состояния больших морских акваторий, включая арктические районы, на основе многолетних данных дистанционного зондирования из космоса.

Настоящий раздел посвящён описанию основных результатов, полученных при выполнении данных работ. Полученные в рамках работ 2016 года результаты также изложены в основных публикациях [1, 4-9, 17, 27, 36, 37, 40-43, 51, 73, 153, 156-164, 166, 174, 177-184, 187, 189-197].

4.1 Развитие и экспериментальная апробация методик микроволновых исследований нелинейной динамики в прибрежной зоне моря на основе современных радиолокационных и скаттерометрических микроволновых комплексов (пункт 4.4.1 плана работ на 2017 г.)

В 2017 г. велись работы по уточнению методик комплексных измерений состояния морской поверхности — полей течения и поверхностного волнения, батиметрии в прибрежной мелководной зоне. Для оценки точности измерений проводился сравнительный анализ данных, полученных при работе локатора в традиционном режиме кругового обзора и в режиме предложенного модернизированного метода с неподвижной антенной. В качестве тестовых использовались экспериментальные данные, полученные в натуральных экспериментах 2010–2013 гг. Для оценки точности измерений проводилось построение математической модели предложенных процедур.

4.2 Разработка методик и проведение экспериментальных исследований нелинейной динамики спектральных компонент морского волнения методами пассивной и активной радиополяриметрии для решения задач экологического мониторинга (пункт 4.4.2 плана работ на 2017 г.)

Одной из задач, стоящих перед коллективом отдела исследования Земли из космоса, является задача восстановления спектра ветровых гравитационно-капиллярных волн на основе

данных дистанционных радиополяриметрических измерений. В настоящее время для решения поставленной задачи успешно применяется метод нелинейной радиотепловой резонансной спектроскопии (НРРС), позволяющий восстанавливать спектр кривизны ветрового волнения и функцию дисперсии уклонов крупных волн. Получаемые таким образом экспериментальные данные успешно используются для анализа динамики ветровых компонент и выявления корреляционных связей между формой спектра и параметрами системы океан-атмосфера. Точность восстановления исследуемых характеристик волнения в отсутствие внешних помех случайного характера составляет 93 % (для $B(K)$) и 85 % (для σ_0^2). Не смотря на высокие точностные показатели, применение метода НРРС при обработке непрерывно обновляемой информации о радиотепловом излучении взволнованной морской поверхности (при проведении натурных исследований затруднено в силу требовательности метода к вычислительным ресурсам задействованной компьютерной техники. Это приводит к тому, что скорость восстановления параметров волнения оказывается ниже скорости поступления данных радиополяриметрических измерений, а значит, можно говорить лишь о частичной реализации on-line мониторинга состояния водной среды.

В качестве одного из подходов к решению описанной проблемы стало предложение модернизации существующей методики НРРС за счёт привлечения нейросетевых технологий. Благодаря своей нелинейности нейронные сети пригодны для моделирования сложных физических процессов, когда необходимо узнать результат воздействия на некоторую систему большого количества параметров. Ещё одним преимуществом сетей является её безразличие к размерности переменных, что снова упрощает её использование для моделирования физических процессов. За исключением времени, отводимого на обучение нейронной сети (которое может быть достаточно длительным), её использование при обработке данных физических измерений занимает несоизмеримо меньше машинного времени по сравнению с физическим моделированием или применением современных методов решения обратных задач и нейронные сети могут быть использованы для получения мгновенных оценок физических параметров. Последний факт играет ключевую роль при выборе нейронных сетей в качестве дополнительного метода восстановления параметров спектра ветровых гравитационно-капиллярных волн. Привлечение их для решения поставленной задачи позволит не только добиться on-line режима мониторинга состояния морской поверхности (даже при использовании низкопроизводительных вычислительных средств), но и предоставит возможность промежуточного анализа получаемых данных, например, для контроля процесса выполняемых измерений и/или исследования особенностей углового распределения энергии различных спектральных компонент волнения.

Таким образом, в 2017 г. усилия коллектива отдела исследования Земли из космоса были направлены на создание специализированной нейронной сети для решения задачи восстановления спектра ветровых гравитационно-капиллярных волн по данным дистанционных радиополяриметрических измерений.

Предложенная архитектура нейронной сети представлена на рисунке 4.2.1, она относится к классу сетей с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки (feed-forward back propagation). Сеть имеет три слоя, содержащих 14, 25 и 25 нейронов. В качестве передаточной функции выбран гиперболический тангенс-сигмоид.

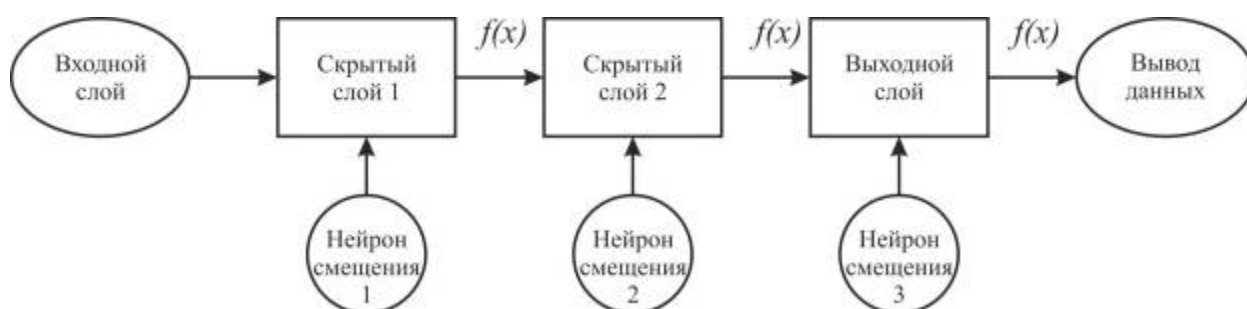


Рисунок 4.2.1 — Архитектура нейронной сети

Входными данными для построенной сети являются результаты измерений собственной радиояркой температуры взволнованной морской поверхности, измеренных на двух ортогональных поляризациях на частоте 37,5 ГГц в диапазоне вертикальных углов наблюдения от 0 до 75° (всего 28 значений радиоярких контрастов). Результатом работы нейронной сети является определение формы спектра ветрового волнения в диапазоне 0,39–42,55 рад/см (22 значения амплитуды спектральных компонент), а также трёх дополнительных параметров — двух ошибок калибровки радиометрических каналов (вертикальная и горизонтальная поляризация) и величины дисперсии уклонов длинноволновых компонент ветрового волнения.

Обучение нейронной сети выполнялось на основе данных модельных расчётов интенсивности собственного радиотеплового излучения водной поверхности для следующих условий: температура водной среды — 20 °С, солёность — 17 ‰, усреднённый по азимуту спектр ветрового волнения и значение дисперсии уклонов определялись в соответствии с моделью для скорости ветра от 1 до 20 м/с, закладываемые ошибки калибровки радиометрических каналов в пределах от –2 до +2 К.

Применение нормировки входных и выходных данных при реализации нейронной сети позволило решить задачу восстановления параметров спектра ветрового волнения с точностью, превышающей аналогичные результаты применения метода НРРС. В качестве примера на рисунке 4.2.2 представлены результаты применения работы сети по восстановлению формы спектра кривизны $B(k)$ для скорости ветра от 1 до 20 м/с.

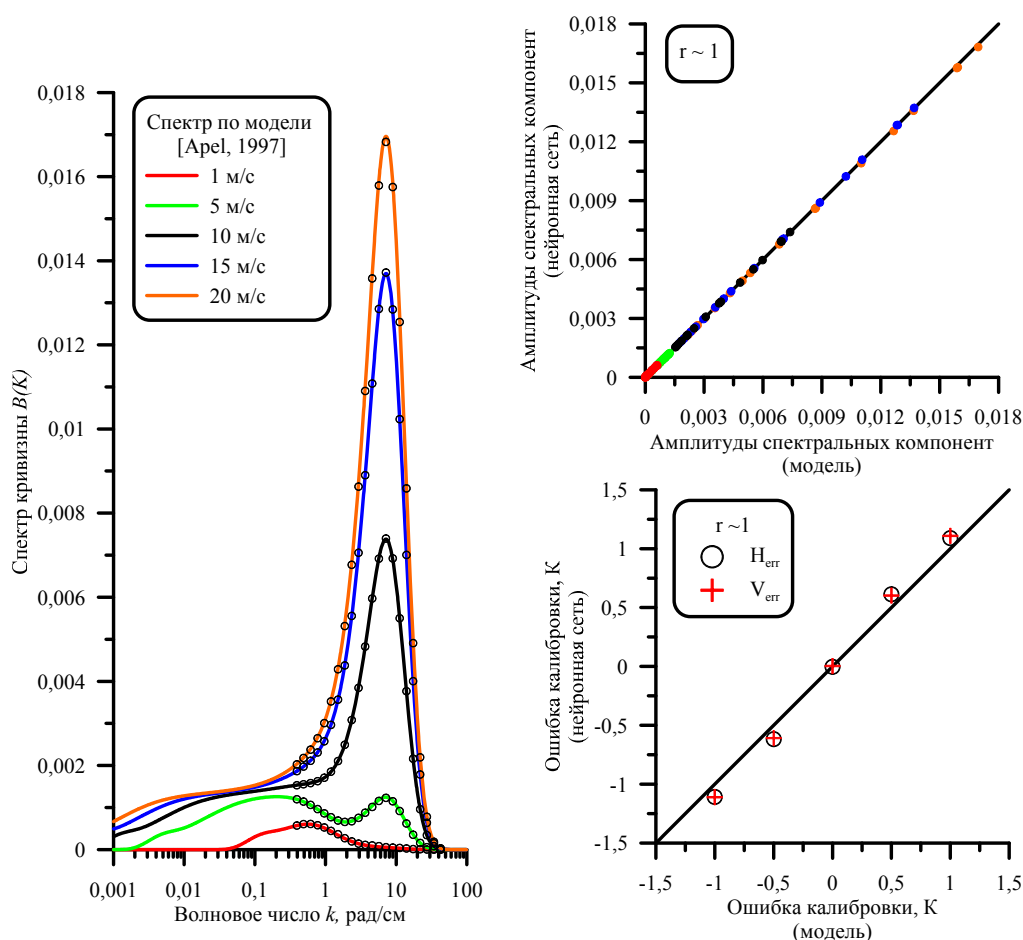


Рисунок 4.2.2 — Результат восстановления спектра кривизны ветрового волнения (слева). Сплошные линии — исходный спектр, кружки — восстановленные спектральные кривые. Справа сверху — соответствующая диаграмма разброса, справа снизу — определённые разработанной нейронной сетью, вносимые в исходный набор радиоярких температур, ошибки калибровки для использованного набора радиометрических каналов

Представленные результаты моделирования свидетельствуют, что нейронные сети пригодны для решения задачи восстановления формы спектра кривизны гравитационно-капиллярных волн по данным угловых радиометрических измерений. В настоящее время рассматривается вопрос о способах интеграции разработанной нейронной сети и методики НРРС. В качестве наиболее вероятного варианта выступает применение нейронной сети непосредственно при обработке экспериментальных данных, а методика НРРС будет использоваться для получения обучающих сетей массивов на основе уже накопленного экспериментального материала.

4.3 Разработка и создание микроволнового радиометрического комплекса нового поколения для измерения параметров океана и атмосферы. (пункт 4.4.3 плана работ на 2017 г.)

В рамках темы по разработке и созданию микроволнового радиометрического комплекса нового поколения для измерения параметров океана и атмосферы в 2017 г. проводились исследования, связанные с подбором оптимальных радиометрических каналов при изучении процессов, происходящих в системе атмосфера-океан, для которых необходимо знание большого числа различных характеристик этой системы. Прежде всего, это трёхмерные температурные поля, представляющие как самостоятельный интерес, так и необходимые для восстановления полей влажности. Сюда необходимо отнести данные по температуре поверхности океана (ТПО), интегральной водности и температуре облачности, величине и направлению приповерхностного ветра. Знание этих характеристик необходимо для изучения системы атмосфера-океан, а также учёта взаимного влияния различных метеопараметров на точность проводимых измерений. Для этих целей необходимо проводить измерения в широком диапазоне сантиметровых и миллиметровых волн. Оценка возможности использования этого диапазона для измерения метеопараметров может быть получена из спектров радиояркостной температуры системы атмосфера-океан.

Основной целью исследований является восстановление детальных профилей водяного пара в атмосфере Земли по данным спутниковых измерений радиотеплового микроволнового излучения как для тропической атмосферы, так и для атмосферы средних и высоких широт. Проведены многочисленные методические расчёты по выбору оптимальных каналов зондирования, получены оценки точности восстановления параметров системы океан-атмосфера.

Водяной пар — самая быстропеременная компонента атмосферы, и фазовые переходы атмосферной влаги являются основным источником энергии многих атмосферных процессов. Для изучения динамики водяного пара в атмосфере Земли необходимо знание трёхмерных полей водяного пара и их изменений во времени, что является базовой характеристикой для краткосрочных и долгосрочных прогнозов. На основе этих данных проводятся предсказания условий, при которых происходит развитие опасных метеорологических явлений: тропических циклонов, гроз, смерчей. Особая актуальность поставленной задачи связана с возможностью наблюдения за теми районами земного шара, где редки или отсутствуют наземные станции наблюдения. Например, за Арктической и Антарктической зоной, за районами Сибири и Дальнего Востока. Очевидно, что оперативный глобальный мониторинг распределения водяного пара в атмосфере может быть осуществлён только с помощью дистанционного зондирования с борта космических аппаратов.

Получение оперативной информации о детальных трёхмерных полях влажности методами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса позволит решить ряд актуальных научных и практических задач. Следует добавить, что задача получения таких полей на сегодняшний день не решена, хотя над её решением работают учёные разных стран. К сенсорам ДЗЗ можно отнести американский радиометр GMI, входящий в проект изучения глобального водяного цикла Global Precipitation Measurement (GPM), представляющий собой микроволновой многоканальный радиометр с коническим сканированием, в который входит 13 каналов на семи частотах от 10 до 190 ГГц, европейский прибор Microwave Humidity Sounder (MHS) с поперечным сканированием на частотах от 89 до 190 ГГц, работающий

совместно с радиометром AMSU-A для поколения КА серии полярных спутников Metop, франко-индийский проект MEGHA-TROPiques (CNES/ISRO).

Практически все пассивные микроволновые приборы, запущенные с целью температурно-влажностного зондирования атмосферы, получают радиояркостные температуры на 3–6 каналах в области линии поглощения водяного пара 183,31 ГГц и полосе поглощения кислорода 50–70 ГГц. Особенности радиофизических свойств системы океан-атмосфера не позволяют достигнуть хороших результатов измерения профиля влажности, особенно в нижней части тропосферы, из-за низкой чувствительности этого частотного диапазона к нижним слоям. Методы статистической регуляризации, основанные на многолетних данных радиозондирования, и элементы реанализа в программном обеспечении позволяют проводить восстановление водяного пара во всем слое тропосферы. Однако такие методы хорошо работают «в среднем», при наличии типичных метеорологических ситуаций. В случаях резких отличий от стандарта радиометрические измерения в линии 183 ГГц могут почти не реагировать на изменения в нижних слоях, пропускать эти ситуации. Несмотря на обилие работ в данной области нельзя сказать, что задача восстановления профиля влажности полностью решена и не требует дальнейших исследований.

Новизна предлагаемого микроволнового радиометрического комплекса, мы назвали этот прибор микроволновый радиометр-спектрометр (МИРС), заключается в комплексном использовании традиционных методов и новой методики разностных измерений, основанной на вычитании радиометрических сигналов, получаемых вблизи линии водяного пара 22,235 ГГц. Эти методы позволяют на качественно новом уровне проводить восстановление профиля водяного пара в нижних слоях тропосферы, что имеет большую значимость, поскольку основная часть влаги находится именно в нижних слоях (0–3 км). Предложенный метод позволяет уменьшить влияние на решение задачи мешающих факторов, таких как облачность, осадки, подстилающая поверхность и значительно улучшить высотное разрешение в приповерхностных атмосферных слоях.

Для измерений в линии водяного пара 183,31 ГГц предлагается использовать каналы, параметры которых в полосе с центром 183,31 ГГц представлены в таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1

№ канала	Частота, ГГц	Полоса, ГГц
1	165,5	3
2	183,31±7	2
3	183,31±4,5	2
4	183,31±3	1
5	183,31±1,8	1
6	183,31±1	0,5
7	183,31±0,3	0,4

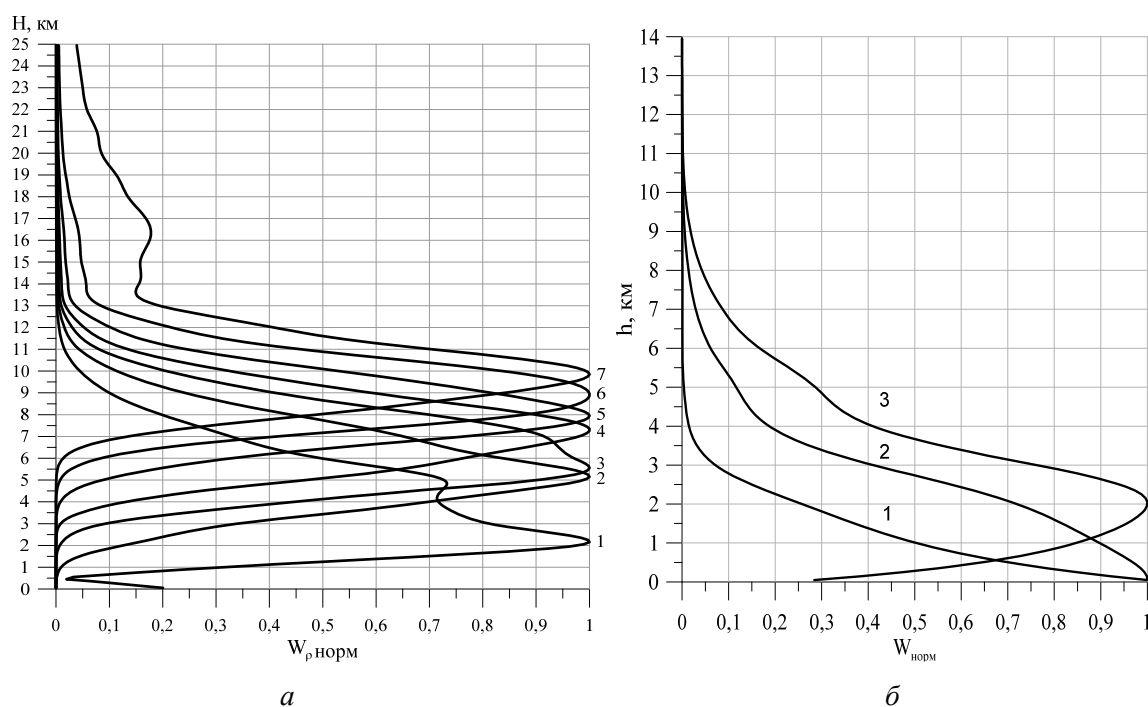


Рисунок 4.3.1 — Весовые функции каналов МИРС, стандартная тропическая атмосфера, интегральная влажность — $41,4 \text{ кг/м}^2$ угол падения $53,1^\circ$: *a* — весовые функции вблизи линии $183,31 \text{ ГГц}$, номера каналов соответствуют таблице 4.3.1; *б* — весовые функции для дифференциальных радиометрических сигналов ν_1 – ν_2 : 1 — $\nu_1 = 26,5 \text{ ГГц}$, $\nu_2 = 18,7 \text{ ГГц}$; 2 — $\nu_1 = 26,5 \text{ ГГц}$, $\nu_2 = 26,5 \text{ ГГц}$; 3 — $\nu_1 = 24,5 \text{ ГГц}$, $\nu_2 = 25,5 \text{ ГГц}$

По форме весовых функций на рисунке 4.3.1*a* видно, что данный набор частотных каналов имеет хорошую чувствительность к изменению влажности в атмосфере на высотах от 4 до 10 км. Однако достаточную чувствительность к изменению влажности в атмосфере ниже 4 км имеет лишь один канал — $165,5 \text{ ГГц}$, при этом его чувствительность к влажности на высотах ниже $1,5 \text{ км}$ вообще практически отсутствует. Эта картина ещё более усугубится при зондировании участков атмосферы с большим водозапасом, которые представляют значительный научный интерес при изучении тропического циклогенеза.

Выбор пар частот ν_1 – ν_2 для дифференциальных измерений в окрестности 22 ГГц , представленных на рисунке 4.3.1*б*, проводился так, чтобы получить наилучшую избирательность весовой функции к тому или иному слою нижней тропосферы 0 – 4 км .

Другой особенностью микроволнового радиометрического прибора МИРС является приём поляризованного микроволнового излучения (измеряются три параметра Стокса) на трёх частотах $10,65$; $18,7$ и $36,5 \text{ ГГц}$ на горизонтальной, вертикальной и $\pm 45^\circ$ поляризациях с целью определения скорости и направления приповерхностного ветра.

В таблице 4.3.2 представлен полный набор 23 каналов радиометра МИРС.

Таблица 4.3.2. Список и параметры радиометрических каналов МИРС

Номер	Частота, ГГц	Полоса, МГц	Поляризация	Чувствительность при $\tau = 1 \text{ с}$, К	Чувствительность в элементе разрешения с поляризацией, К	Количество каналов
1	6,75	500	Г, В	0,02	0,07	2
2	10,65	100	Г, В, $\pm 45^\circ$	0,042	0,37	4

Номер	Частота, ГГц	Полоса, МГц	Поляризация	Чувствительность при $\tau=1$ с, К	Чувствительность в элементе разрешения с поляризацией, К	Количество каналов
3	18,7	200	Г, В, $\pm 45^\circ$	0,03	0,35	4
4	23,8	400	Г, В	0,02	0,3	2
5	24,0	250	В	0,025	0,26	1
6	24,5	250	В	0,025	0,26	1
7	25,5	250	В	0,025	0,26	1
8	26,5	250	В	0,025	0,26	1
9	36,5	2000	Г, В, $\pm 45^\circ$	0,01	0,33	4
10	52,8	1×380	Г	0,033	0,7	1
11	53,596±0,115	2×170	Г	0,035	0,75	1
12	54,4	1×380	Г	0,033	0,7	1
13	54,94	1×380	Г	0,033	0,7	1
14	55,5	1×310	Г	0,036	0,8	1
15	57,290	1×310	Г	0,036	0,8	1
16	88	4000	Г, В	0,015	0,35	2
17	165,5	3000	Г, В	0,02	0,6	2
18	183,3±0,3	400	Г	0,05	1,2	1
19	183,3±1,0	500	Г	0,045	1,0	1
20	183,3±1,8	1000	Г	0,033	0,7	1
21	183,3±3,0	1000	Г	0,033	0,7	1
22	183,3±4,5	2000	Г	0,023	0,5	1
23	183,3±7,0	2000	Г	0,023	0,5	1

Для восстановления профиля температуры тропосферы до высоты 16 км в радиометре МИРС используются шесть каналов вблизи частоты 55 ГГц: 52,8; 53,596; 54,4; 54,94; 55,5; 57,29 ГГц. Для восстановления профиля влажности тропосферы — семь каналов, перечисленных в таблице 4.3.1 и четыре канала в полосе 24-26,5 ГГц. Для измерения интегрального содержания атмосферного водяного пара — 18,7 и 23,8 ГГц; для измерения интегрального содержания капельной влаги атмосферы — 18,7; 23,8; 36,5; 88 ГГц. Для определения температуры океана используются каналы 6,8 и 10,65 ГГц. Измерение интенсивности осадков проводится с помощью каналов 18,7; 23,8; 88 ГГц.

4.4 Совершенствование методик обработки и совместного анализа данных новейших микроволновых сенсоров космического базирования и апробация их для решения задачи контроля экологического состояния морей российской Арктики (пункт 4.4.4 плана работ на 2017 г.)

В связи с интенсивным освоением Арктики, прежде всего, с интенсификацией судоходства в данном районе Мирового океана, вызванного уменьшением ледяного покрова, и с развитием добычи углеводородов на Арктическом шельфе, задача экологического контроля состояния морей российской Арктики становится все более и более актуальной. Учитывая наличие облачного покрова, в течение большей части года, практически единственным адекватным средством проведения спутникового мониторинга экологического состояния арктических

морей, является использование микроволновых сенсоров, в первую очередь радиолокаторов с синтезированной апертурой космического базирования. Радиолокационная съемка морей российской Арктики производится радиолокатором SAR-C, установленном на спутнике Sentinel-1A с начала октября 2014 г, а с середины октября 2016 г. аналогичным радиолокатором спутника Sentinel-1B. Наличие на орбите двух радиолокаторов, предоставляющих информацию с высоким пространственным разрешением (пиксельное разрешение 10м) и регулярно каждые сутки, существенно улучшает эффективность экологического мониторинга данного района.

В 2017 г. сотрудниками лаборатории аэрокосмической радиолокации отдела Исследование Земли из космоса усовершенствована методика обработки и совместного анализа данных этих новейших микроволновых сенсоров. Обработка и анализ большого потока ежедневных данных, получаемых с огромной территории арктического региона, проводится с использованием возможностей и инструментария информационной системы «See The Sea» (STS), разработанной и постоянно совершенствованной специалистами отдела Технологии спутникового мониторинга, в частности для работы с радиолокационными данными спутников серии Sentinel-1. На основе анализа данных за период октябрь 2016 - ноябрь 2017 гг. были определены два района, которые с большой вероятностью могут быть подвергнуты антропогенным загрязнениям: это прибрежная зоны Баренцева моря в районе Кольского полуострова, где расположены основные судоходные трассы и Кольский залив с незамерзающим портом Мурманск, и восточная часть Баренцева моря (Печорское море) в районе Морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная». С помощью инструментария STS проводилась калибровка радиолокационных данных и процесс «классификация» с целью выделения районов пониженного рассеяния радиолокационного сигнала, которые потенциально могут быть связаны с антропогенными загрязнениями (в частности нефтяными) морской поверхности. Основные источники ложной тревоги для этих районов: интенсивное цветение фитопланктона, в результате чего на поверхности моря образуется биогенная пленка (характерно для западной части Баренцева моря) и проявления начальных форм ледяного покрова (характерно для Печорского моря). Оба этих процесса имеют схожие радиолокационные образы с нефтяными пленками. Накопление ежедневных данных о районах пониженного радиолокационного рассеяния в банке данных в виде соответствующих контуров, позволяет однозначно идентифицировать именно нефтяные загрязнения, которые в отличие от биогенной пленки или тонкого льда практически никогда не сохраняются на морской поверхности в течение суток, тем более в условиях Арктики. В результате апробации выбранной методики было получено, что вокруг платформы «Приразломная» нефтяных загрязнений в исследуемый период не наблюдалось, наблюдались проявления цветения водорослей, что подтверждалось квазисинхронными наблюдениями в видимом диапазоне сенсором MSI Sentinel-2A (в мае 2017 г) и многочисленные проявления ледового покрова начальных форм (нилос, припай) (Рис. 4.4).

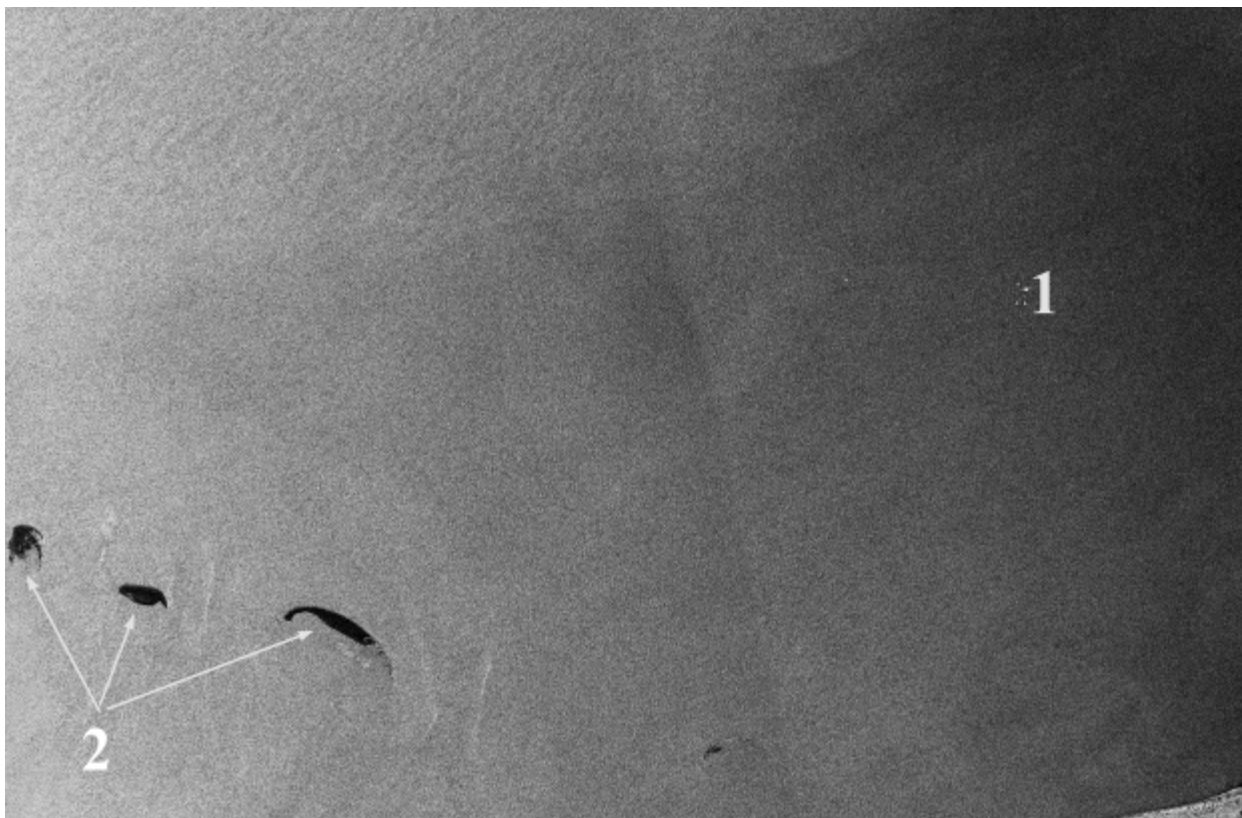


Рисунок 4.4 - Проявление молодого льда (2) в районе нефтяной платформы «Приразломная» (1). Фрагмент радиолокационного изображения SAR-C Sentinel-1 A, полученного 17 сентября 2016 г. над акваторией Печорского моря с разрешением 10 м на горизонтальной соосной поляризации.

В районе судоходных трасс вдоль Кольского полуострова и в Кольском заливе регулярно наблюдались загрязнения морской поверхности, связанные со сбросом с судов вод, содержащих нефтепродукты.

4.5 Совершенствование и апробация методов количественной оценки и изменения экологического состояния больших морских акваторий, включая арктические районы, на основе многолетних данных дистанционного зондирования из космоса. (пункт 4.4.5 плана работ на 2017 г.)

Проведён анализ особенностей существующих в мире методик исследования динамических процессов во внутренних морях на основе данных спутникового дистанционного зондирования из космоса, по его результатам определены основные требования, возникающих при одновременного использования данных различных сенсоров. С применением усовершенствованных методик и алгоритмов работы со спутниковыми изображениями восстановлены некоторые характеристики, описывающие существующее загрязнение прибрежных районов внутренних морей нефтепродуктами, взвешенным веществом, а также цветение вод, идентифицируемые по спутниковым наблюдениям. На основе данных спутникового дистанционного зондирования в различных диапазонах содержание всех этих элементов может быть оценено количественно и картографировано с высоким пространственным и временным разрешением, поскольку эти данные имеют площадной характер и позволяют оценить как пространственное распределение интересующих нас характеристик, так и идентифицировать гидродинамические процессы (вихри, внутренние волны, апвеллинги и даунвеллинги и пр.), порождающие неоднородность пространственного распределения этих характеристик.

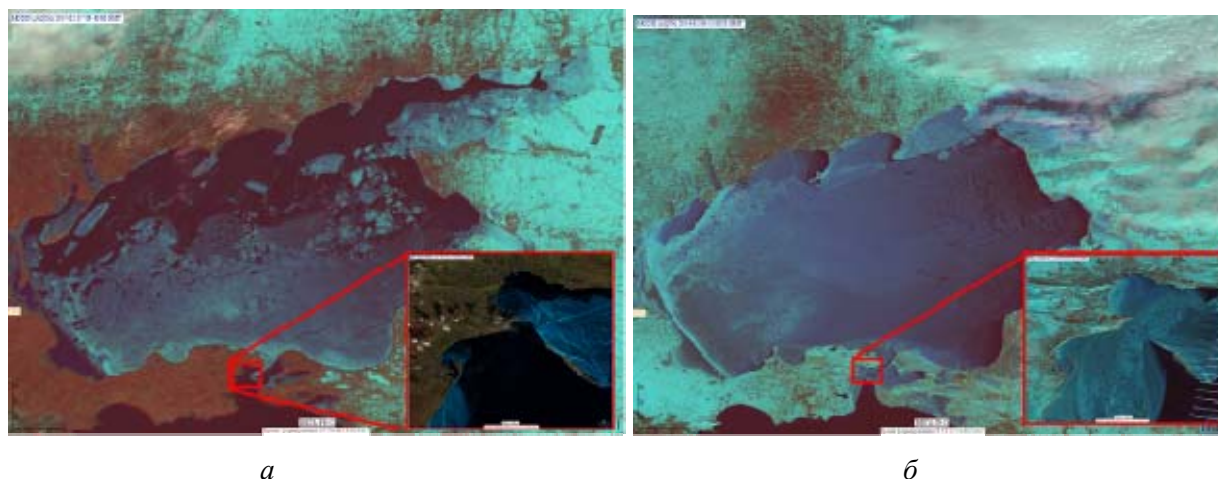


Рисунок 4.5.1 — Ледовая обстановка в Азовском море, полученная на основе данных MODIS/Aqua: *а* — 17 февраля 2017 г., 9:40 UTC, на врезке — Sentinel-2A от 13 февраля 2017 г., 8:30 UTC; *б* — 2 февраля 2014 г., 10:20 UTC, на врезке — ETM+Landsat-7 от 3 февраля, 08:16 UTC

Апробация методов количественной оценки и изменения экологического состояния больших морских акваторий проведена на примере работы с массивом спутниковых данных, полученных различными спутниковыми сенсорами в ходе ежедневного спутникового мониторинга Азовского моря и Керченского пролива в холодный период года. Актуальность мониторинга экологического состояния данного района резко возросла в связи со строительством Крымского моста. Сами строительные работы и изменение гидрологического режима, связанное с установкой конструкций моста создает дополнительную антропогенную нагрузку. В частности, открытым оставался вопрос о влиянии конструкций моста на экологическую обстановку в период образования ледяного покрова.

С использованием усовершенствованных алгоритмов спутникового информационного сервиса STS проведён комплексный анализ массива спутниковых данных, включающего в себя данные радиолокационного зондирования радиолокаторов с синтезированной апертурой, установленные на спутниках Sentinel-1A Sentinel-1B; данные видимого и ИК-диапазонов сенсоров MSI (Multispectral Imager Instrument) спутника Sentinel-2A, MODIS Terra/Aqua, OLI Landsat-8 и ETM+ Landsat-7. Помимо регулярных нефтяных загрязнений в районе стоянок судов выявлены особенности образования и дрейфа ледяного покрова Азовского моря через пролив, а также его взаимодействия с опорами строящегося моста (рисунок 4.5.1). Проведено сравнение вновь полученных результатов с результатами экспресс-анализа накопленных в наших архивах спутниковых данных по данному району за предыдущие десять лет и получены свидетельства изменения ледового режима Керченского пролива в результате строительства моста, которые могут быть достаточно масштабными и существенными. Тот факт, что в рассматриваемой ситуации лёд не дрейфовал на юг даже через наиболее широкий судоходный участок моста, на наш взгляд показывает, что, видимо, и после окончания строительства Крымский мост возможно будет оказывать существенное влияние на ледовую обстановку в Керченском проливе. Это свидетельствует о необходимости проведения непрерывного спутникового мониторинга этого района, возможности которого сегодня обеспечивают современные системы и технологии.

Заключение

Результаты, представленные в настоящем разделе, показывают, что работы по соответствующим пунктам плана работ ИКИ РАН на 2017 г. выполнены.

РАЗДЕЛ 5 МОНИТОРИНГ-АТМОСФЕРА

Введение

Направления работ по разделу Мониторинг-Атмосфера в 2017 г. содержат следующие подразделы :

- Разработка научных основ и автоматизированных методов и технологий обработки временных серий спутниковых наблюдений различного пространственного разрешения для решения комплекса задач исследований и мониторинга атмосферы.
- Развитие теоретических моделей, анализ физических механизмов, разработка и применение алгоритмов обработки натуральных данных в целях мониторинга и прогноза состояний атмосферы, включая выявление закономерностей формирования и последующей динамики мощных вихревых структур в атмосфере Земли с учетом зональных ветров, фазовых переходов влаги.
- Развитие методик анализа характеристик электрической турбулентности в грозовой облачности для выявления ее роли в динамике долгоживущих спиральных вихрей.
- Разработка и применение алгоритмов обработки натуральных данных, средств исследований состояний атмосферы, в том числе методик дистанционного определения характеристик облачности на основе измерений собственного ИК-излучения атмосферы и отраженной солнечной радиации.
- Развитие методов определения микрофизических свойств рассеивающих сред, включая атмосферу, на основе использования двухпозиционных схем лидарного зондирования.
- Развитие теоретических моделей, анализ физических механизмов в целях разработки современных средств исследований гидросферы и атмосферы, в том числе для выявления в системе долгопериодических вариаций и зависимости их от внешних факторов.

Основные результаты проведенных по темам в 2017 году работ кратко представлены в настоящей главе отчета.

Полученные в 2017 г. результаты подробно изложены в списках публикаций в иностранных и российских журналах, а также в материалах различных конференций, проходивших в 2017 году, приведенных в конце отчета [2, 3, 11-16, 18, 30, 54-61, 75, 76, 109, 155, 173, 185, 186, 200-212].

5.1 Разработка научных основ и автоматизированных методов и технологий обработки временных серий спутниковых наблюдений различного пространственного разрешения для решения комплекса задач исследований и мониторинга атмосферы. (пункт 4.5.1 плана работ на 2017 г.)

5.1.1. Описание развитой гидродинамической турбулентности на основе квантово-полевого подхода

Квантово-полевой подход к описанию развитой гидродинамической турбулентности в атмосфере обобщает ее описание в терминах дифференциальных уравнений в частных производных в том же самом смысле, в котором последние обобщают ее описание в терминах обыкновенных дифференциальных уравнений, и позволяет естественным образом ввести в теорию понятия внешнего (L) и внутреннего (l_0) масштабов турбулентности, как того требует феноменологическая теория Колмогорова. Несмотря на полувековую историю применения

методов квантовой теории поля к описанию турбулентности, начиная с работ Крейчнана, Орсзага, Львова, Васильева и других, до сих пор не построена конечная, т.е. не содержащая расходимостей, теория позволяющая аналитически вычислять спектр энергии турбулентных пульсаций $\langle u(x)u(x') \rangle$ как функцию не только скорости диссипации энергии ε и колмогоровского масштаба l_0 , но и внешнего масштаба турбулентности L . Технически это связано с вычислением эффективной вязкости турбулентных пульсаций $\nu = \nu(k)$. Существующие к настоящему времени результаты основаны на методе ренормализационной группы и имеют асимптотический характер, сами же выражения для функций Грина при этом расходятся. Альтернативный подход к построению квантово-полевой модели развитой гидродинамической турбулентности, не содержащий расходимостей по построению, основан на разделении пульсаций различных масштабов с помощью непрерывного вейвлет-преобразования: $u(x) \rightarrow u_a(x)$, и был предложен в работе М.В.Алтайский, Многомасштабная теория турбулентности в вейвлет-представлении, *Доклады РАН*, **410**(2006)326-330. Метод ренормализационной группы был распространен на квантово-полевые модели в пространстве масштабно-зависимых полей $u_a(x)$ в работе M.V.Altaiisky, Unifying renormalization group and the continuous wavelet transform. *Phys. Rev.D*, Vol. 93 (2016) 105043; [doi:10.1103/PhysRevD.93.105043](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.93.105043). Пользуясь данным методом, в 2017 году, были решены уравнения ренормализационной группы для бегущей константы связи теории масштабно-зависимых полей для случая модели с взаимодействием ϕ^4 и для квантово-полевой модели, основанной на уравнении Навье-Стокса со случайной силой. Турбулентная вязкость в таком подходе является функцией двух аргументов: $\nu = \nu(\xi, x)$, где $\xi = a / L < 1$ – отношение масштаба наблюдения (a) к характерному размеру области (L), занимаемой турбулентностью, $x = kL$ – безразмерный импульс турбулентных пульсаций. Спектр энергии турбулентных пульсаций также становится функцией этих же безразмерных переменных $E = E(\xi, x)$. По результатам исследований представлены доклады на конференциях и подготовлены публикации

5.1.2. Идентификация облаков ФАВ в приземном слое атмосферы по данным космической съёмки

Рассматривались вопросы выявления облаков физиологически активных веществ (ФАВ/ малых газовых составляющих) в приземном слое атмосферы по данным дистанционного зондирования Земли из космоса. Анализировались возможности использования спутниковых измерений в микроокнах прозрачности в спектральных диапазонах 3- 4 мкм и 8-12 мкм. Были проведены расчеты уходящего ИК излучения с учетом спектральных особенностей ФАВ (спектры 6 видов ФАВ). В связи с возможными точностными характеристиками проектируемой спутниковой аппаратуры выбор диапазона 3-4 мкм более предпочтителен по выявлению таких облаков при малых концентрациях ФАВ (до 10^6 мг/л). Однако, в связи с тем, что в диапазоне 3- 4 мкм в спектрах рассматриваемых ФАВ представлены преимущественно СН переходы остаются вопросы идентификации этих веществ (различия видов веществ).

В этом плане с возможными потерями по определению концентрации ФАВ выбор диапазона 8-12 мкм в части идентификации предпочтителен. Для реальной оценки возможностей спутниковых измерений ФАВ необходимы спектральные данные с лучшим разрешением.

5.2 Развитие теоретических моделей, анализ физических механизмов, разработка и применение алгоритмов обработки натурных данных в целях мониторинга и прогноза состояний атмосферы, включая выявление закономерностей формирования и последующей динамики мощных вихревых структур в атмосфере Земли с учетом зональных ветров, фазовых переходов влаги. (пункт 4.5.2 плана работ на 2017 г.)

Поступление пыли в атмосферу определяется многочисленными явлениями, среди которых самыми мощными являются песчаные (пылевые) бури синоптического масштаба. Вихри со спиралевидным восходящим потоком переносят пыль на большие высоты и на большие расстояния, оказывая существенное влияние на глобальный и региональный климат. Например, пыль, поднимаемая сезонными пылевыми бурями Сахары, может существенно блокировать прохождение солнечное излучение к морским поверхностям, охлаждая океан. Влияние пыли может быть даже более существенным, чем влияние Эль-Ниньо, на генерацию тайфунов. Процесс генерации пылевых вихрей пока недостаточно изучен и анализ его влияния на процессы в атмосфере очень важен для практических приложений.

В приближении идеальной гидродинамики развита новая нелинейная модель генерации конвективных движений включая пылевые вихри в неустойчиво стратифицированной атмосфере. Эта модель генерации конвективных ячеек (плюмов) исследуется в аксиально-симметричном приближении с использованием нелинейного уравнения для внутренних гравитационных волн. Численными расчетами показано, что в конвективно неустойчивой атмосфере с крупномасштабной затравочной завихренностью из плюмов чрезвычайно быстро формируются мелкомасштабные, но интенсивные вертикальные вихри. Исследована структура радиальной, вертикальной и тороидальной компонент скорости в таких вихрях. Пониженное давление в вихрях с интенсивным тороидальным движением ответственно за «засасывание» пыли с поверхности Земли во внутреннюю область вихря и последующую динамику этого вихря. Исследована структура вертикальной завихренности и тороидальной скорости во внутренней и внешней областях вихря.

Развита также новая трехмерная модель стационарного локализованного в пространстве вихря как точное решение уравнений Навье – Стокса для несжимаемой жидкости. Сходящийся в радиальном направлении поток служит причиной усиления вертикальной завихренности как и в модели вихря Бюргерса, однако механизмом ослабления завихренности является адвекция ее в вертикальном направлении. Условием существования стационарного вихря является баланс этих двух эффектов. Примеры трехмерных траекторий частиц в вихре представлены на рисунке. Новая модель вихрей с геликоидальным движением может быть использована для интерпретации и прогнозирования локализованных вихрей в однородной атмосфере, таких как пыльные дьяволы и торнадо.

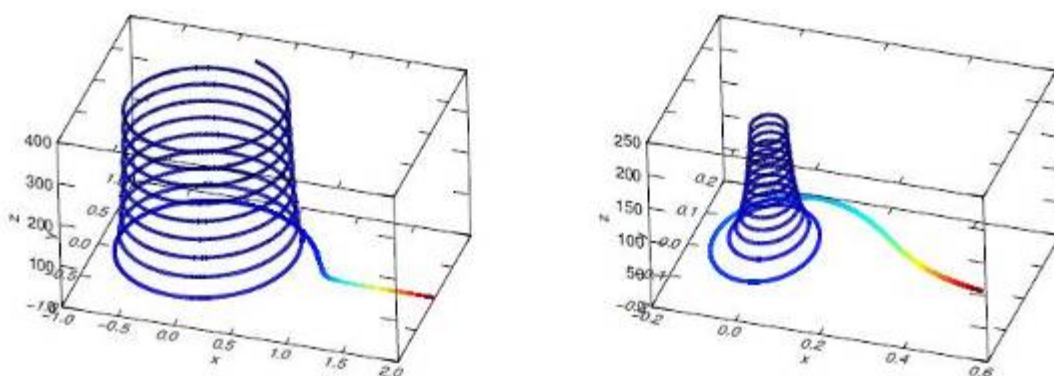


Рисунок 5.2.1. Траектории движения частиц в вихре.

5.2.1 Расчеты на основе малопараметрической модели динамики крупномасштабного циклогенеза при вариациях фоновой обстановки

Проведено дальнейшее обобщение нелинейной МПМ для описания возможности вариаций скорости ветра в тропических циклонах на квазистационарной стадии их жизненного цикла.

Численными расчетами показано, что на основе обобщенной малопараметрической, нелинейной модели Были смоделированы четыре тайфуна с разными временами жизни. Показано увеличение длительности активной фазы циклонов на 2 - 6 суток и усиление скорости ветра на (5 – 15) м/с

При увеличении температуры поверхности океана на 0.5°C и 1°C . Колебания фона в течение суток (день-ночь) с амплитудой 0.1°C не влияют на динамику циклонов. При амплитуде колебаний фона примерно в 1°C и периоде порядка 8 суток амплитуда вариаций скорости ветра в тайфунах может достигать примерно 24 м/сек. При этом длительность активной фазы для коротко и средне живущих циклонов уменьшается. Таким образом можно получать различные сценарии генерации тропических циклонов и полярных ураганов в активном сезоне с существенными вариациями скорости ветра на квазистационарной стадии ТЦ и отсутствие этих кризисных событий в остальное время года. При соответствующем подборе параметров модели характеристики образовавшихся ТЦ будут соответствовать данным наблюдений крупномасштабного циклогенеза в исследуемом регионе, что представляет большой научный и практический интерес в том числе для разработки современных методов прогноза крупномасштабных кризисных атмосферных явлений и моделирования их связей с другими процессами.

5.2.2. Моделирование прохождения крупномасштабных ВГВ из тропосферы в ионосферу

На основе двумерных численных расчетов траекторий внутренних гравитационных волн (ВГВ) рассмотрено распространение ВГВ в неоднородной по вертикали атмосфере с тропосферных высот в ионосферу при наличии зональных потоков с учетом их неоднородности по высоте. В тропосфере внутренние гравитационные волны могут возбуждаться при развитии процессов типа крупномасштабных вихрей, землетрясений и пр. Для ряда данных по высотным профилям частоты Вейлеля-Брента и скорости зонального потока в атмосфере выполнен анализ возможности прохождения мелкомасштабных и среднемасштабных ВГВ из тропосферы в ионосферу на высоты 60 км и более. В зависимости от параметров ВГВ и зонального потока в атмосфере возможны разные варианты распространения ВГВ в вертикально неоднородной системе тропосфера-ионосфера. В частности, при наличии зонального ветра возможно волновое распространение ВГВ, запертой между двумя слоями по высоте, на большие расстояния по горизонтали порядка 4 тысяч км. Расчетам показано, что при наличии в атмосфере критических слоев или слоев вертикального отражения прохождение ВГВ в ионосферу невозможно. При возникновении прохождения ВГВ из тропосферы на ионосферные высоты предвестники кризисных атмосферных событий в ионосфере могут наблюдаться спутниками на весьма больших расстояниях по горизонтали от места кризисного события, что следует учитывать при анализе и интерпретации экспериментальных данных по связи ионосферных возмущений с кризисными событиями в тропосфере, например, землетрясениями, тропическими циклонами и пр.

5.3. Развитие методик анализа характеристик электрической турбулентности в грозовой облачности для выявления ее роли в динамике долгоживущих спиральных вихрей. (пункт 4.5.3 плана работ на 2017 г.)

5.3.1. Модель структурных функций электрической турбулентности атмосферы с учетом когерентных структур и перемежаемости

Был продолжен анализ характеристик атмосферной турбулентности в зависимости от масштаба вариаций электрического поля по высоте. Рассмотрена аналитическая модель электрической турбулентности в грозовой облачности с введением функций, описывающих когерентные структуры (КС) и перемежаемость различного масштаба. Расчеты подтвердили ранее сделанный вывод о том, что введение только КС сохраняет инерционные интервалы на графиках структурных функций, а скейлинговые экспоненты практически не меняются. В случае слабой перемежаемости (малые вариации среднего электрического поля по высоте

графики структурных функций (СФ) практически не меняются. Однако при уровне перемежаемости, приводящем к исчезновению сильно выраженных пиков в профиле электрического поля, инерционные интервалы на графиках СФ отсутствуют. Кроме того возможны вариации СФ с достаточными усилением величины СФ или их уменьшению. Следовательно, генерация турбулентности с наличием КС и перемежаемости может существенно повлиять на поток энергии по спектру и вести к его сильной вариабельности на различных масштабах. При наличии КС возможно существенное влияние на динамику крупномасштабных вихрей в атмосфере включая возникновение обратного каскада энергии, усиление слабых синоптических возмущений. Процессы ионизации атмосферы повышают тепловыделение в облачности и могут приводить к формированию тепловых башен в тайфунах с высокой грозовой активностью. Исследование электрических подсистем грозовой облачности важны и для дальнейшего развития существующих методик обработки данных дистанционного зондирования атмосферных вихрей, более полной физической интерпретации результатов обработки данных, разработки современных методик прогнозирования кризисных природных явлений и численного моделирования пространственно-временной динамики (с учетом схем параметризации, описывающих вклад электрических подсистем ТЦ) интенсивных, крупномасштабных вихрей в атмосфере. Результаты анализа представляют интерес для последующих исследований влияния заряженных подсистем мощных атмосферных вихрей типа тайфунов на формирование неоднородной, самосогласованной структуры ветровых потоков в ТЦ.

5.3.2. Плазменные структуры в атмосфере и их роль в генерации вихревых структур

Атмосфера Земли находится под воздействием тепловых и ионизирующих источников. Максимум ионизации атмосферных частиц космическими лучами соответствует высотам образования тропосферной облачности. Важная роль аэрозольной примеси проявляется в генерации плазменных вихрей и накоплении вихрями энергии и массы в атмосфере при конденсации влаги. Ячеистая структура образуется при электростатической неустойчивости неоднородной плазмы. В ячейках возбуждается электрическое поле, когерентно вращающееся вместе с частицами плазмы. Захват нейтральных частиц вихревой структурой приводит к нарастанию эффективной массы вихря. Сопоставление дистанционных наблюдений за тропическими циклонами и молниевыми вспышками показывает, что за увеличением молниевой активности в стене глаза следует интенсификация тропического циклона. Таким образом, плазменные вихри могут оказывать заметное влияние на поведение тропических циклонов. Поскольку считается, что важную роль в молниеобразовании играют космические лучи, то, следовательно, космическое излучение может оказывать влияние на атмосферные вихревые процессы. Генезис циклонов и антициклонов связан с нелинейными взаимодействиями гидродинамических и магнитогидродинамических структур. Поскольку процесс образования ионизирующих частиц – каскадный, то влияние космического излучения на вихревые атмосферные процессы оказывается существенно нелинейным. Относительно малые по мощности потоки космических лучей и малые по концентрации примеси аэрозолей вызывают существенные изменения мощности атмосферных процессов, поскольку в усилении плазменных вихрей важную роль играют конденсация влаги ионизованными аэрозолями и скрытое тепло.

5.4. Разработка и применение алгоритмов обработки натуральных данных, средств исследований состояний атмосферы, в том числе методик дистанционного определения характеристик облачности на основе измерений собственного ИК-излучения атмосферы и отраженной солнечной радиации. (пункт 4.5.4 плана работ на 2017 г.)

В части развития методов интерпретации данных дистанционного зондирования Земли из космоса были продолжены работы по совершенствованию так называемой кислородной методики. При дистанционном определении яркости подстилающей поверхности по измерениям отражённой солнечной радиации системы океан-атмосфера требуется учитывать вклад яркости атмосферы, который на порядок может превосходить искомую величину. Для этого необходимо определять параметры атмосферы: оптическую толщину, индикатрису рассеяния и вертикальное распределение коэффициента аэрозольного рассеяния.

Метод решения этой задачи основан на использовании измерений интенсивности отражённой солнечной радиации со спутника в нескольких участках полосы поглощения молекулярного кислорода 0,76 мкм и "окне прозрачности" 0,74 мкм. Физическую основу метода составляет тот факт, что отражённая системой океан-атмосфера солнечная радиация генерируется различными слоями атмосферы, вклад которых в яркость, измеряемую со спутника, определяется функцией пропускания кислорода. Последняя функция известна с достаточной степенью точности, поскольку относительная концентрация кислорода постоянна до очень больших высот в атмосфере и слабо варьирует по Земле, а полоса поглощения кислорода 0,76 мкм достаточно хорошо изучена.

Рассматривались вопросы влияния погрешности определения (и/или изменения на борту спутника со временем) спектральных характеристик каналов съёмочной аппаратуры на точность восстановления вертикального профиля оптической толщины атмосферы.

5.4.1. Сравнительный анализ признаков изображения для выбора алгоритма оперативного автоматического распознавания облачности на борту космического аппарата

Проводились работы по выбору алгоритмов обработки спутниковых измерений в задаче выявления облаков- экспериментальное сравнение эффективности различных численных характеристик изображения в качестве признаков, которые могут быть использованы в классификационных алгоритмах с целью оперативного автоматического распознавания облачности. Таковое сравнение проводилось в рамках разработки методик для реализации задачи автоматического управления высокодетальной съёмкой с установкой дополнительной камеры предварительного обзора (КПО) под углом в направлении движения космического аппарата (КА) и анализа её снимков с целью выбора безоблачных участков, пригодных для высокодетальной съёмки.

Целью анализа результатов численного эксперимента был выбор оптимального состава вектора признаков, обеспечивающего наибольшую достоверность выявления облачности в условиях полностью автоматической работы без контроля оператора для системы предварительного обзора. Одним из подходов к построению такой системы является использование методов классификации на основе различных характеристик изображения (текстурные, частотные, статистические, спектральные, а также основанные на стереоэффекте), причём в различных работах, посвящённых данной теме, приводится различный набор таких параметров.

С целью поиска оптимального набора было проведено экспериментальное испытание различных наборов признаков на материале доступных космических изображений из разных источников (KMCC, MODIS и др.) различного пространственного разрешения, преобразованных к виду, который может обеспечить съёмка с КПО. При выполнении работы анализировались информативности признаков и проводилось сравнение по таким параметрам как надёжность распознавания (наличие ошибок первого и второго рода) и относительная скорость вычисления. Были использованы для оценки работы различных алгоритмов реальные спутниковые данные (космические снимки) и результаты численного моделирования.

Результаты работы могут быть использованы при создании различных систем ДЗЗ, для основных сенсоров которых, наличие облачности в кадре является помехой.

5.4.2. Развитие методов определения микрофизических свойств рассеивающих сред, включая атмосферу, на основе использования двухпозиционных схем лидарного зондирования. Ненормализованные моменты для поперечных сечений в задаче определения минимального набора параметров, определяющих микроструктуру рассеивающей среды

В настоящее время актуальной является проблема метрологического обеспечения измерений базовых параметров рассеивающей среды. В общем случае рассеивающие центры могут представлять из себя полидисперсные частицы, несферические частицы, а так же сильно вытянутые неоднородности в виде волокон и цепочек. В этой связи обосновано введение ненормализованных моментов для сечений рассеивающих неоднородностей, позволяющих давать минимальный объем информации о базовых микрофизических параметрах рассеивающей среды (эквивалентный размер и концентрация) .

Новизна Суммарное сечение неоднородностей пересекающих линию зондирования можно связать с коэффициентом пропускания. Указанное суммарное сечение можно интерпретировать как ненормализованный момент первого порядка. Ненормализованный момент k -ого порядка представляет собой сумму степеней k для сечений частиц. Отношение ненормализованного момента второго и первого порядков связаны с поперечными искажениями зондирующего пучка. На этой стадии возможно метрологическое обеспечение измерений эквивалентного сечения частиц. Для оценки ширины функции распределения частиц по сечениям необходимы ненормализованные моменты высших порядков.

Значимость. Рассмотрены две стадии статистической обработки сечений частиц, полученных по их изображениям. Первая стадия имеет перспективы метрологического обеспечения, так как ненормализованные моменты первого и второго порядков непосредственно связаны с измеряемыми параметрами (пропускания и угловое искажение пучка). Предложенный метод является перспективным в задаче определения эквивалентного сечения частиц для несферических частиц и сильно вытянутых неоднородностей, включая волокна, нити, цепочки и т. д. На второй стадии оценены параметры для функция распределения частиц по сечениям с использованием ненормализованных моментов до 4 порядка включительно. Однако для этой задачи необходимо использовать пробную функцию распределения. В качестве этой функции использовано логнормальное распределение.

5.5 Развитие методов определения микрофизических свойств рассеивающих сред, включая атмосферу, на основе использования двухпозиционных схем лидарного зондирования. (пункт 4.5.5 плана работ на 2017 г.)

5.5.1. Ненормализованные моменты для поперечных сечений в задаче определения минимального набора параметров, определяющих микроструктуру рассеивающей среды.

В настоящее время актуальной является проблема метрологического обеспечения измерений базовых параметров рассеивающей среды. В общем случае рассеивающие центры могут представлять из себя полидисперсные частицы, несферические частицы, а так же сильно вытянутые неоднородности в виде волокон и цепочек. В этой связи обосновано введение ненормализованных моментов для сечений рассеивающих неоднородностей, позволяющих давать минимальный объем информации о базовых микрофизических параметрах рассеивающей среды (эквивалентный размер и концентрация) .

Новизна Суммарное сечение неоднородностей пересекающих линию зондирования можно связать с коэффициентом пропускания. Указанное суммарное сечение можно интерпретировать как ненормализованный момент первого порядка. Ненормализованный момент k -ого порядка представляет собой сумму степеней k для сечений частиц. Отношение ненормализованного момента второго и первого порядков связаны с поперечными искажениями зондирующего пучка. На этой стадии возможно метрологическое обеспечение

измерений эквивалентного сечения частиц. Для оценки ширины функции распределения частиц по сечениям необходимы ненормализованные моменты высших порядков.

Значимость. Рассмотрены две стадии статистической обработки сечений частиц, полученных по их изображениям. Первая стадия имеет перспективы метрологического обеспечения, так как ненормализованные моменты первого и второго порядков непосредственно связаны с измеряемыми параметрами (пропускания и угловое искажение пучка). Предложенный метод является перспективным в задаче определения эквивалентного сечения частиц для несферических частиц и сильно вытянутых неоднородностей, включая волокна, нити, цепочки и т. д. На второй стадии оценены параметры для функция распределения частиц по сечениям с использованием ненормализованных моментов до 4 порядка включительно. Однако для этой задачи необходимо использовать пробную функцию распределения. В качестве этой функции использовано логнормальное распределение.

5.5.2. Разработка и применение алгоритмов обработки натуральных данных, средств исследований состояний атмосферы, в том числе методик дистанционного определения характеристик облачности на основе измерений собственного ИК-излучения атмосферы и отраженной солнечной радиации

На основе измерений углового распределения интенсивности собственного теплового излучения атмосферы и морской поверхности и контроля параметров волнения и метеоусловий при облачных и безоблачных условиях проведен анализ влияния параметров состояния атмосферы и морской поверхности на излучательную способность водной поверхности для ветрового волнения и зыби. Выделение вклада водной поверхности в излучение системы "поверхность-атмосфера" осуществляется с учетом функции пропускания слоя атмосферы между выделяемым участком водной поверхности и приемником. Для углов наблюдений, близких к горизонту, существенное значение имеет соотношение температуры водной поверхности и профиля температуры в атмосфере, влияющее на земную рефракцию и оптическую длину пути лучей в слое атмосферы. Интенсивность излучения слоя атмосферы зависит от высоты расположения радиометра и значительно увеличивается для измерений с высоко расположенных береговых станций и наблюдения с ростом температурного контраста для суши и моря. Результаты измерений сопоставлены с модельными расчетами для линейного и нелинейного приближения, учитывающими затемнение участков поверхности при больших углах визирования и образование пены на гребнях волн при развитом ветровом волнении. Это сопоставление дает возможность определить эффективные значения среднеквадратичных углов наклона участков водной поверхности с учетом поляризации излучения. По результатам измерений и в открытых океанических условиях и развитом ветровом волнении и зыби наблюдается вторичный максимум интенсивности излучения водной поверхности при углах сканирования 2-5 градусов к горизонту и минимум при углах 8-10 градусов. Эти особенности отличаются от структуры углового распределения интенсивности излучения, формируемого в условиях береговых измерений при слабом ветре и могут использоваться при проведении поиска надводных объектов с учетом тепловых фоновых контрастов. Полученные результаты представлены в докладе на пятнадцатой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса".

5.6 Развитие теоретических моделей, анализ физических механизмов в целях разработки современных средств исследований гидросферы и атмосферы, в том числе для выявления в системе долгопериодических вариаций и зависимости их от внешних факторов. (пункт 4.5.6 плана работ на 2017 г.)

5.6.1. Анализ динамики тропического циклогенеза на основе модели RAMS

Был применен развитый в (2015-2016) гг. численный подход для анализа процессов генерации вертикальной завихренности и спиральности в условиях крупномасштабного тропического циклогенеза на основе использования численных экспериментов, выполненных с помощью региональной исследовательской модели атмосферы RAMS (Regional Atmospheric Modeling System).

1. Проведен численный анализ процессов генерации вертикальной завихренности и спиральности в условиях тропического циклогенеза, результаты которого опубликованы в [1]. Рассмотрено влияние локального подогрева на нижних уровнях тропосферы на эти процессы. Таким образом процессы генерации спиральности и вертикальной завихренности в атмосфере в областях тропического крупномасштабного циклогенеза являются определяющими в формировании вихревых структур большого масштаба.

2. С учетом результатов [1] начата адаптация предложенного подхода для анализа аномально-интенсивных атмосферных конвективных явлений на территории России, наблюдающихся в последние годы. Развиваемый подход требует в дальнейшем привлечения достаточно мощных вычислительных средства для изучения механизма возникновения крупномасштабных структур в атмосфере и зависимости реализации этого процесса от исходных параметров задачи. Эти исследования важны для разработки научных основ и автоматизированных методов и технологий обработки временных серий спутниковых наблюдений различного простран-ственного разрешения для решения комплекса достаточно сложных задач исследований и мониторинга атмосферы.

5.6.2. Влияние взаимодействий в гидродинамической турбулентности, нарушающих симметрию компонент спиральности разных знаков

Рассматривались взаимодействия в гидродинамической турбулентности, которые нарушают симметрию положительных и отрицательных компонент спиральности в поле скоростей. В идеальном случае когда одна из компонент полагается равной нулю, в рассматриваемой системе возникает два знако-определенных интеграла движения, которые приводят к явлению обратного каскада энергии, подобно тому, как это происходит в случае двумерной турбулентности. В этой связи с использованием квазинормального приближения рассматривается генерация крупномасштабных движений, проявляющаяся как неустойчивость парных моментов. Этот механизм обсуждался ранее в 90-е годы. Решающим пунктом данного механизма является присутствие в турбулентности с крупномасштабными спиральными возмущениями спиральности (и энергии) на мелких масштабах. Возможность возбуждения крупномасштабных движений в том случае, когда присутствуют и положительная и отрицательные компоненты спиральности рассмотрена в рамках каскадной модели турбулентности с анализом разных типов взаимодействий между уровнями. Во всех рассмотренных случаях обнаруживается появление явлений обратного каскада при превышении пороговых значений для крупномасштабных спиральных шумов. Величина порога зависит от степени «перемешивания» спиральных компонент поля скорости разных знаков.

5.6.3. Продолжение экспериментальных исследований и разработка теоретической модели статистических характеристик турбулентных пульсаций давления и турбулентных шумов на обтекаемой потоком поверхности.

Известно, что турбулентность - фундаментальный раздел механики жидкости и газа. Исследования турбулентности приобрели огромное значение в решении целого ряда научных и прикладных проблем. Только глубокое понимание природы турбулентных течений может объяснить многие физические процессы, происходящие при движении плазмы, жидкостей и газов. В изучении турбулентности важная роль принадлежит экспериментальным методам и обобщению экспериментальных данных. Проблемы динамики пристеночной турбулентности исследованы в наших работах путем разработки новых методов экспериментальных

исследований ее динамики в турбулентном пограничном слое. Турбулентные пульсации давления являются одной из наиболее сложных проблем статистической гидродинамики. Экспериментальные данные о статистических характеристиках турбулентных пульсаций в пограничном слое обеспечивают решение проблемы предсказания структуры сложных турбулентных течений и интенсивности создаваемых ими акустических полей.

Спектры турбулентных пульсаций давления являются одной из важнейших статистических характеристик турбулентности. Прямые измерения спектров пульсаций давления являются средством получить сведения о статистических характеристиках турбулентных полей давления в пограничном слое. Исследования турбулентных спектров при сверхвысоких значениях числа Рейнольдса (выше 10^8) в глубоком море были начаты в 2013-2014 гг. при поддержке РФФИ. Совместно с Академией наук Абхазии на Черном море была создана Морская глубоководная лаборатория. Измерения турбулентных пульсаций проводились в натуральных условиях, начиная с глубины 200 м. Был исследован широкий круг задач, связанных с изучением фундаментальных свойств полей турбулентных пульсаций и прикладных вопросов экспериментального исследования турбулентных пульсаций давления в пограничном слое. Проблемы динамики пристеночной турбулентности изучены на основе новых методов экспериментальных исследований турбулентных пульсаций в турбулентном пограничном слое.

Изучение пространственно-временной структуры полей турбулентных давлений на обтекаемой поверхности привлекли внимание к особенностям работы датчика турбулентных пульсаций - акустического преобразователя (приемника звука) в поле псевдозвуковых турбулентных пульсаций турбулентного пограничного слоя. Было обнаружено, что увеличение частоты регистрации приводит к заметному снижению спектральных уровней пристеночных пульсаций давления. Было развито представление о пространственной разрешающей способности регистрации турбулентных пульсаций давления и предложены методы восстановления по экспериментальным данным неискаженных значений спектров мощности турбулентных давлений. Рассмотрен широкий круг задач, связанных с изучением фундаментальных свойств полей турбулентных пульсаций, прикладных вопросов экспериментального исследования турбулентных пульсаций давления в пограничном слое, их воздействия на формирование шума.

Исследовано влияние температурных флуктуаций в турбулентном потоке. При движении тела в жидкости с переменной вдоль траектории температурой, датчик пульсаций давления воспринимает температурные пульсации. При вертикальном всплытии устройства определена связь между спектральной плотностью пристеночных пульсаций температуры и спектром градиентов температуры вдоль траектории всплытия. Получен спектр температурного сигнала, генерируемого пьезоэлектрическим приемником при воздействии пульсаций температуры. Выполнено моделирование вклада температурной неоднородности среды в шумы обтекания, регистрируемые приемником турбулентных пульсаций давления.

5.6.4. Угловое распределение спектральной яркости в инфракрасном диапазоне спектра в области горизонта.

Измерения углового распределения интенсивности излучения водной поверхности в области надирных углов $0-90^0$ предназначены для задач исследования процессов генерации и переноса излучения, тепло и массообмена в условиях с сильно меняющимися параметрами состояния среды – скорости ветра, волнения, обрушения волн и образования пены. Эти параметры в свою очередь определяют излучательную способность водной поверхности и точность дистанционного определения температуры.

По результатам измерений спектрального и углового распределения интенсивности нисходящего и восходящего излучения в области “окна прозрачности“ атмосферы 8-12 мкм, проведенных в морских и океанических условиях с бота судна, определена излучательная способность взволнованной водной поверхности, ее угловая зависимость и ее вариации. Выявлены условия измерений интенсивности излучения и диапазон углов 60-15 градусов к

горизонту, в которых для взволнованной водной поверхности определены значения среднеквадратичных уклонов водной поверхности при наличии ветрового волнения, пены и волн зыби.

В области углов $0-5^{\circ}$ к горизонту при безоблачных условиях выделяется значительное превышение интенсивности излучения водной поверхности и ее эффективной излучательной способности по сравнению с френелевской составляющей отражения, рассчитанной по поляризационным составляющим. Это превышение обусловлено воздействием ветра на гребни волн, их обрушением и образованием пены на поверхности. Проведено сопоставление экспериментальных данных с модельными расчетами с учетом поляризации отражения и затенения нижележащих участков профиля поверхности волнения. Выявленная особенность углового распределения интенсивности излучения вблизи горизонта имеет место также для измерений в ИК - диапазоне 13,7-14,7 мкм и в микроволновом диапазоне на горизонтальной поляризации на длине волны 3,4 см.

Полученные экспериментальные данные об излучательной способности взволнованной поверхности и пены позволяют осуществлять обоснованный переход от интенсивности излучения к радиационной температуре поверхности с учетом моделирования гравитационных и капиллярных волн. Эти данные имеют существенное значение при формировании тепловых контрастов в поле зрения и для ориентации объектов по отношению к горизонту.

5.6.5. Вариабельность нейтронного фона в атмосфере

Обнаружено ранее неизвестное явление вариабельности естественного нейтронного фона связанное с изменением метеорологических условий. Анализ скоростей счёта детекторов тепловых нейтронов сети «COSMOS» позволил выявить сильную дневную вариацию потока нейтронов на открытом воздухе, антикоррелирующую с соответствующей температурной вариацией атмосферы. Эффект может быть объяснён изменением температурного атмосферного градиента определяющего величину и направление атмосферной конвекции: при направленной вверх конвекции концентрация тепловых нейтронов падает с ростом температуры, при направленной вниз наблюдается насыщение плотности тепловых нейтронов обусловленное динамическим равновесием между притоком нейтронов из грунта и их потерями при взаимодействии с веществом атмосферы. Важно иметь в виду, что в закрытых помещениях подобный эффект отсутствует.

Величина регистрируемого потока нейтронов значительно превосходит возможный поток атмосферных нейтронов космических лучей, что указывает на его происхождение от распада радионуклидов радона, диффундирующих из коры Земли к её поверхности.

Обнаруженный эффект насыщения концентрации тепловых нейтронов позволяет определить выход тепловых нейтронов из грунта и следовательно концентрацию радона. Простота подобного метода открывает возможность долговременного непрерывного мониторинга концентрации радона, что при использовании прямых методов детектирования сопряжено с серьёзными техническими трудностями.

Полученные результаты могут быть полезными при исследовании процессов в приземной атмосфере, а также динамики распространения радона в земной коре обусловленной сейсмической активностью.

Заключение

В целом отчет по теме показывает, что работы по данному направлению нами выполнены. Всего у исполнителей проекта имеется 29 публикаций включая высокорейтинговые издания. Результаты проекта апробированы на междуна-родных и российских конференциях, что свидетельствует о их достоверности. Важно и то, что исполнители работ по проекту участвуют в грантах РФФИ, РНФ, программах РАН с общим их

количеством 7.

РАЗДЕЛ 6 МОНИТОРИНГ-ЭФФЕКТ

Введение

Настоящий раздел посвящен вопросам создания перспективных методов, подходов развития спутниковых систем наблюдения Земли из Космоса и их элементов, включая системы первичной обработки данных. Работы, входящие в данный раздел, направлены на повышение качества и возможностей действующих и перспективных спутниковых систем ДЗЗ для обеспечения их эффективного использования при решении задач мониторинга и исследования различных природных и антропогенных процессов, объектов и явлений. В 2017 году в рамках настоящего раздела была запланирована работа по следующим основным направлениям:

- Разработка методов и средств первичной обработки данных действующих и перспективных российских спутниковых приборов ДЗЗ.

В настоящей главе отчета представлены основные результаты выполненных работ. Подробно полученные результаты описаны в работах [10, 52, 74].

6.1. Разработка методов и средств первичной обработки данных действующих и перспективных российских спутниковых приборов ДЗЗ. (пункт 4.6.1 плана работ на 2017г.)

6.1.1. Полетная радиометрическая калибровка КМСС-М на КА «Метеор-М» №2

В 2017 г. продолжались работы по оценке радиометрического качества видеоданных, получаемых камерами МСУ-201, МСУ-202 и МСУ-250, входящих в состав Комплекса многозональной спутниковой съемки КМСС-М на КА «Метеор-М» №2. Была выполнена регулярная полетная радиометрическая калибровка КМСС-М по снежным полям Антарктиды (данные за январь-февраль 2017 г.) и уточнены файлы радиометрической калибровки камер. Точность радиометрической калибровки КМСС-М оценивалась путем сравнение значений коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) на верхней границе атмосферы широкого круга природных объектов по данным КМСС-М и съемочных систем MODIS на КА «Terra» и OLI на КА «Landsat-8», проведенное по данным за июль-сентябрь 2017 г. Пример выбора тестового участка для сравнения показан на рисунке 6.2.1.

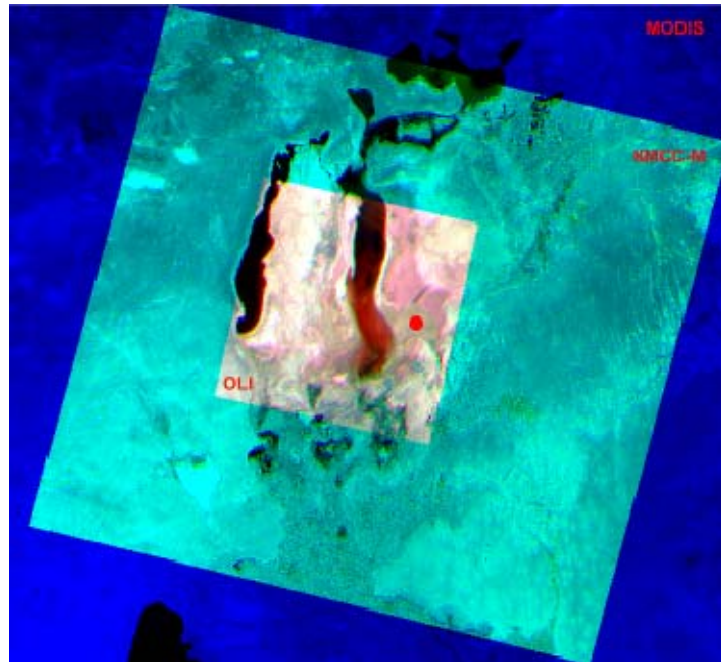


Рисунок 6.2.1 – Пример выбора тестового участка (обозначен кругом красного цвета) на изображениях КМСС-М, MODIS и OLI в районе Аральского моря

Сопоставление значений КСЯ, измеренных с помощью КМСС-М, MODIS и OLI, показывает их хорошее соответствие (рисунок 6.2.2). Отклонение от единицы коэффициента наклона линий регрессии измерений КМСС-М и измерений MODIS и OLI не превышало 2-3%

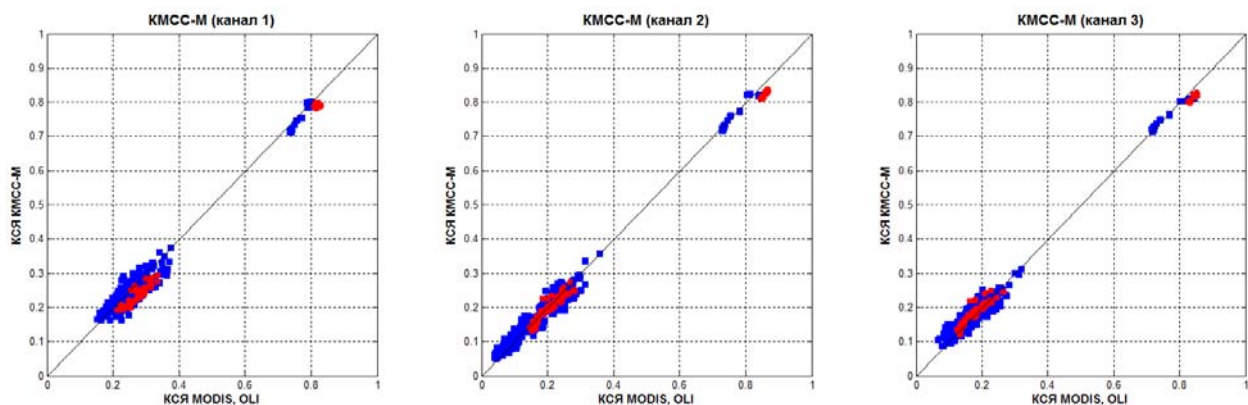


Рисунок 6.2.2 – Связь КСЯ природных объектов в спектральных зонах камеры МСУ-201 по данным МСУ-201 и MODIS (синий цвет) и по данным МСУ-201 и OLI (красный цвет)

6.1.2. Полетная геометрическая калибровка КМСС-М на КА «Метеор-М» №2

Разработана методика и программное обеспечение полетной геометрической калибровки камер МСУ-201 и МСУ-202, входящих в Комплекс многозональной спутниковой съемки (КМСС-М) на КА «Метеор-М» №2 и проведена проверка стабильности калибровки по изображениям, полученным в течение 2016 г. Калибровка основана на автоматической корреляции изображений КМСС-М с контрольными точками (КТ) Landsat и определении по ним параметров внутреннего и внешнего ориентирования камер. Всего в зависимости от канала было использовано 3502-7134 КТ на изображениях МСУ-201 и 3701-5753 КТ на изображениях МСУ-202. Пример идентификации КТ на изображениях приведен на рисунке 6.2.3.

По полученным результатам уточнены файлы геометрической калибровки камер КМСС-М. На рисунке 6.2.4а, б на примере канала 1 камеры МСУ-201 показаны азимутальный (φ) и зенитный (ϑ) углы направления на КТ в приборной системе координат в зависимости от номера элементарного детектора, на рисунке 6.2.4в, г – остаточные отклонения координат КТ на изображении при аппроксимации среднегодовой калибровочной функцией, на рисунке 6.2.4д, е - вариации средних величин отклонений координат КТ от в течение года. Полученные результаты показывают, что результаты проведенной среднегодовой калибровки позволяют проводить автоматическую географическую привязку изображений камер КМСС с точностью 1-2 пикс.

6.1.3. Разработка методов и средств дистанционной спутниковой стереоскопической съемки поверхности Земли и других планет с использованием современных широкоформатных цифровых датчиков изображения с активным пикселом, построенных по КМОП технологии

На сегодняшний день в основу методов и аппаратуры для спутниковой съемки поверхности положен отлаженный в системах ДЗЗ подход регистрации движущегося изображения строчными датчиками ПЗС. Практика показала, что необходимость обеспечения высокой точности привязки пространственных данных детального разрешения к географической системе координат накладывает строгие требования к космическому аппарату и бортовым обеспечивающим системам, которые не могут быть обеспечены на малых космических аппаратах. Решением проблемы является использование классического принципа получения стереоизображений методом кадровой съемки. Это решение технически обосновано появлением на рынке микроэлектронных устройств энергоэффективных крупноформатных матриц, выполненных по технологии КМОП и обладающих высокой устойчивостью к воздействующим факторам ионизирующего излучения космического пространства.

В 2017 году проводилась разработка стереоскопической матричной камеры ЛСТК, предназначенной для проведения дистанционной съемки поверхности Земли, Луны, а также других планет и тел Солнечной системы с целью построения ее трехмерной топографической модели с высоким пространственным разрешением.

С появлением широкоформатных датчиков изображения матричного типа стало возможным вернуться к кадровой схеме съемки. Основные преимущества кадровой съемки следующие:

- каждый кадр является законченной единицей пространственной информации с известной геометрией без предварительной обработки;
- построение топографической модели местности возможно путем фотограмметрической обработки последовательности стереопар кадров даже при отсутствии параметров внешнего ориентирования или при их сокращенном количестве;
- снижаются требования к системам ориентации и стабилизации космического аппарата.

Применение кадровой съемки определяет менее строгие требования к точности определения элементов внешнего ориентирования. Так, в качестве линейных элементов ориентирования можно использовать оскулирующие параметры орбиты спутника в процессе съемки, а в качестве угловых параметров данные об ориентировании осей камеры во второй экваториальной системе координат с приборов звездной ориентации.

При отсутствии данных об угловой ориентации камер необходимо использовать опорные ориентиры на снимаемой поверхности, расположенные вдоль съемочного маршрута. Для построения карты необходимо при съемке использовать, по крайней мере, две камеры (см. рисунок 6.1.1), расположенные под углом 12.5 градусов к вертикали и при этом точность по высоте будет в 2 раза ниже точности в плане. Такой угол выбран исходя из требований к достаточной степени корреляции двух изображений при их идентификации на паре

изображений. Перекрытие 36% выбрано, исходя из необходимости, иметь зону для набора связующих точек при построении маршрутной фототриангуляции, призванной уточнить элементы внешнего ориентирования снимков.

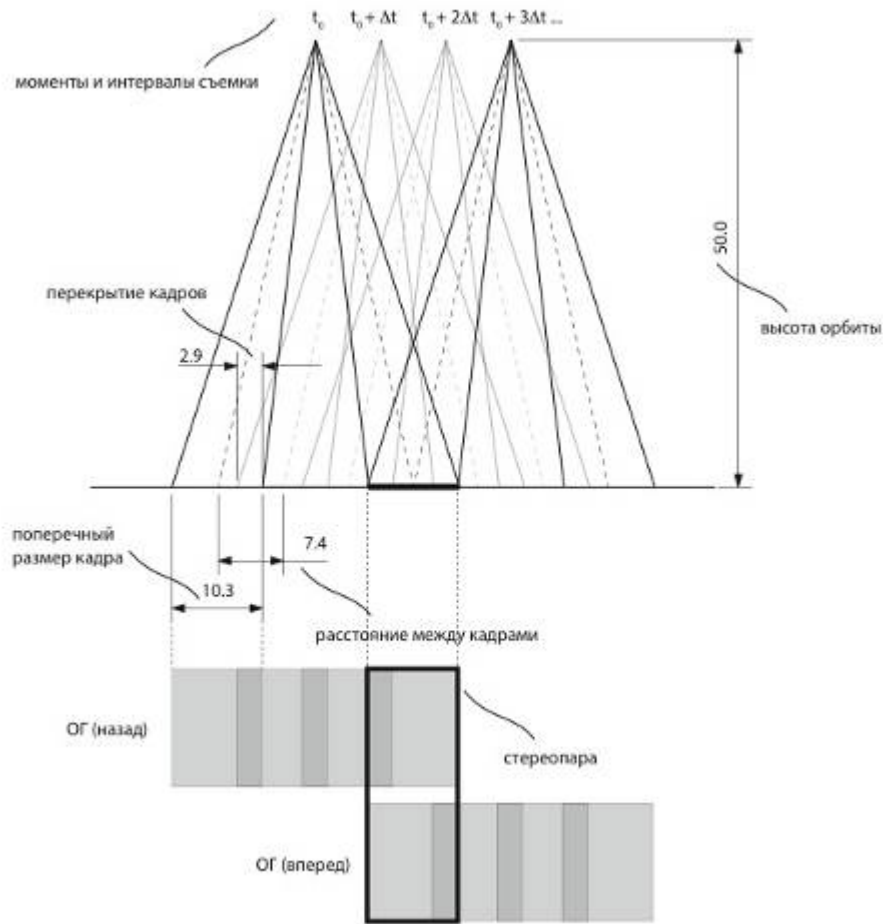


Рисунок 6.1.1 – Схема проведения съемки двумя кадровыми камерами.

Порядок построения цифровой топографической карты с использованием съемочной системы широкоформатной кадровой съемки следующий:

- Определение элементов внутреннего ориентирования и радиометрическая коррекция камер в наземных условиях.
- Определение взаимного положения камер и звездных приборов.
- Проведение маршрутной съемки лунной поверхности с орбиты двумя камерами, установленными под углами 12.5 градусов к вертикали с интервалом, обеспечивающим 36 процентное перекрытие между кадрами.
- Получение информации об оскулирующих параметрах орбиты.
- Получение информации о селенографических координатах точек в пределах съемочного маршрута.
- Получение информации о направлениях осей камер с приборов звездной ориентации.
- Вычисление элементов внешнего ориентирования камер в селенографической системе координат.
- Выделение контурных точек на одномоментных изображениях со всех пар разнонаправленных камер.
- Корреляция всех пар контурных точек всех изображений маршрута между собой.
- Уточнение селенографических координат всех центров проекций маршрута по парам контурных точек путем решения уравнений фотограмметрической засечки.
- Определение селенографических координат всего массива точек, образованного пересечением проектирующих лучей элементов со всех пар изображений.
- Фиксация радиометрической информации, в каждой точке цифрового массива.
- Разработка средств визуализации картографической информации.

Принимая во внимание очевидные преимущества метода кадровой топографической съемки перед съемкой линейными датчиками и значительное снижение требований к бортовым системам КА по обеспечению кадровой съемки, а также учитывая более высокое пространственное разрешение, обеспечиваемое при съемке крупноформатными КМОП матрицами, вариант построения ЛСТК как кадровой камеры с двумя оптическими каналами принимается как предпочтительный при дальнейшем проектировании.



Рисунок 6.2.3 – Пример нахождения контрольных точек на изображениях КМСС-М: КТ в каналах 1, 2 и 3 обозначены соответственно зелеными, красными и синими квадратами; белыми квадратами обозначены КТ, найденные во всех трех каналах

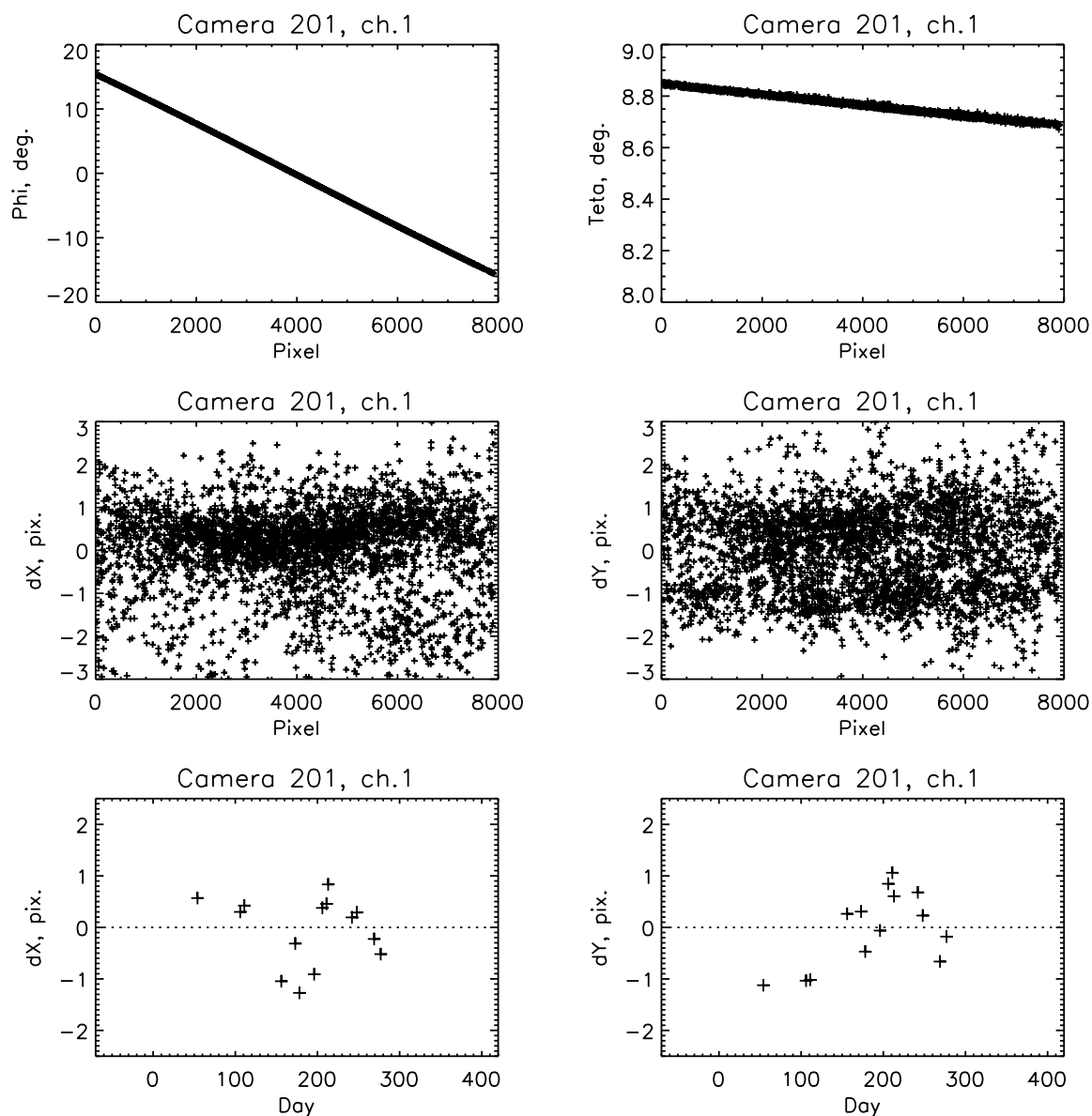


Рисунок 6.2.4 – Результаты полетной геометрической калибровки канала 1 камеры МСУ-201 на КА «Метеор-М» №2

Заключение

Представленные в данной главе материалы показывают, что научно-исследовательские работы по направлению «Мониторинг-Эффект» проводилось в полном соответствии с утвержденным планом.

Можно считать, что научно-исследовательские работы по направлению «Мониторинг-Эффект» выполнены в полном объеме.

РАЗДЕЛ 7 МОНИТОРИНГ-ИНФРАСТРУКТУРА

Введение

Раздел 7 (Мониторинг-Инфраструктура) темы "Мониторинг" в рамках тематики дистанционного мониторинга природных и антропогенных процессов, объектов и явлений, включает мероприятия, направленные на широкое распространение новых знаний в научном сообществе, встречи ведущих специалистов для продуктивного обсуждения актуальных задач, новых методов и их физических основ, передачу опыта и обучение молодых ученых. С этими целями были проведены работы по организации научных встреч, издательской и информационной деятельности, в том числе в сети Интернет.

В 2017 году в рамках работ по теме "Мониторинг-инфраструктура" были запланированы следующие работы и научно-образовательные мероприятия:

- Проведение ежегодных конференций "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса".
- Выпуск журнала "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса".
- Проведение международных Школ-семинаров «Спутниковые методы и системы исследования Земли».
- Проведения работ по подготовке и повышению квалификации кадров на базе Научно-образовательного центра ИКИ РАН. В том числе :
 - Всероссийских научных школ-конференций по фундаментальным проблемам дистанционного зондирования Земли из космоса;
 - Проведение конкурса работ молодых ученых, работающих в области дистанционного мониторинга Земли, природных и антропогенных процессов;
 - Научно- методическое обеспечение работ базовых кафедр ИКИ РАН и образовательных курсов проводимых специалистами ИКИ РАН по направлению "Дистанционного зондирования и Исследования Земли из Космоса".
 - 4.7.3.4 Участие в проведения дней "открытых дверей", и экскурсий в ИКИ РАН, а также и научно-образовательных лекций для школьников, студентов и аспирантов в части представления возможностей направления "Дистанционного зондирования и Исследования Земли из Космоса"

Настоящий раздел посвящен описанию мероприятий, выполненных в рамках направления "Мониторинг-Инфраструктура" в 2017 г. Информация о полученных в данном направлении результатах также представлена в работах [50, 53, 91].

7.1. Проведение ежегодной конференций "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса" (пункт 4.7.1 плана работ на 2017 г.)

13-17 ноября 2017 г. в Институте космических исследований Российской академии наук была проведена Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Работа конференции осуществлялась в рамках следующих секций:

- пленарные заседания, одно из которых было посвящено многолетним наблюдениям Земли из космоса;
- дистанционные исследования поверхности океана и ледяных покровов;
- дистанционные методы исследования атмосферных и климатических процессов;

- дистанционное зондирование ионосферы; дистанционные методы в геологии и геофизике;
- дистанционное зондирование растительных и почвенных покровов;
- дистанционное зондирование планет Солнечной системы;
- методы и алгоритмы обработки спутниковых данных;
- технологии и методы использования спутниковых данных в системах мониторинга;
- вопросы создания и использования приборов и систем для спутникового мониторинга состояния окружающей среды;
- космическое приборостроение и развитие целевой аппаратуры наблюдений и технологий: состояние и перспективы развития.

Всего на Конференции было представлено 464 доклада, из них 269 устных и 240 стендовых. Для участия в конференции зарегистрировалось более 750 человек, из 4 стран, 52 городов и из более чем 200 организаций. В заключительный день конференции было проведено выездное пленарное заседание в Научном центре Оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы» по тематике «Российская система спутниковых наблюдений и технологий: состояние и перспективы развития».

Детальная информация о прошедшей конференции, в том числе электронный сборник тезисов конференции и on-line трансляция доступны на сайте конференции по адресу: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/. Сборник тезисов также публикуется на сайте Электронной российской библиотеке Elibrary.

Во время проведения конференции проводилась трансляция в сети ИНТЕРНЕТ всех пленарных и некоторых секционных заседаний проходивших на территории ИКИ РАН, а также лекций для молодых ученых. Доступ к записи транслируемых заседаний и лекций можно получить через сайт конференции.

7.2. Выпуск журнала "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса" (пункт 4.7.2 плана работ на 2017 г.)

Журнал входит в список рекомендованный ВАК и индексируется системами ядро РИНЦ и Scopus.

В 2017 году было выпущено 5 номеров очередного Четырнадцатого тома научного журнала "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", в декабре 2017 года планируется выпуск очередного номера журнала и специального юбилейного 50 номера, посвященного многолетним наблюдениям Земли из космоса. Всего планируется опубликовать около 160 статей.

Все опубликованные в журнале статьи находятся в свободной доступе на сайте журнала по адресу: <http://jr.rse.cosmos.ru/>.

7.3. Проведение международных Школ-семинаров «Спутниковые методы и системы исследования Земли» (пункт 4.7.3 плана работ на 2017 г.)

03 – 07 апреля 2017 г. в Тарусе на базе представительства Интеркосмос ИКИРАН провел Восьмую международную Школу-семинар: «Спутниковые методы и системы исследования Земли». Было прочитано 9 лекций по различным направлениям дистанционного исследования океана. Две лекции были прочитаны учеными из Абхазского госуниверситета, Институт экологии АНА, Сухум, Абхазия. В работе Школы-семинара принимали участие молодые ученые из Москвы, Нижнего Новгорода, Твери, Севастополя и Сухума. Молодые ученые представили 12 устных докладов. Для молодых ученых было организовано ознакомление с достопримечательностями г. Таруса.

7.4. Проведение работ по подготовке и повышению квалификации кадров на базе Научно-образовательного центра ИКИ РАН (2017-2019 год). (пункт 4.7.4 плана работ на 2017 г.) В том числе :

7.4.1 Проведение Всероссийских научных школ-конференций по фундаментальным проблемам дистанционного зондирования Земли из космоса. (пункт 4.7.4.1 плана работ на 2017 г.)

В рамках Пятнадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» 13 -17 ноября 2017 г.в ИКИ РАН проходила Тринадцатая Всероссийская научная школа-конференция по фундаментальным проблемам дистанционного зондирования Земли из космоса. Во время проведения Школы-конференции было прочитано 6 лекций и проведено 2 мастер-класса, которые вызвали огромный интерес не только у молодых, но и у зрелых ученых.

Молодые ученые представили 52 устных и 61 стендовых докладов.

Лекции и мастер классы транслировались в сети Интернет. Доступ записи данных трансляций можно в настоящее время получить на сайте конференции (:http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/).

В рамках конференции "Перспективы развития спутникового мониторинга сельского хозяйства с использованием автоматизированных методов и информационных технологий глобального спутникового мониторинга сельского хозяйства в поддержку программы GEOGLAM (результаты проектов SIGMA и SIGMA-RBK) 12 - 13 июля 2017 года, Москва, (<http://smiswww.iki.rssi.ru/default.aspx?page=563>) Россия" проведено обучение молодых специалистов агрохимслужб по вопросам связанным с использованием данных ДЗЗ в интересах мониторинга с/х земель.

7.4.2 Проведение конкурса работ молодых ученых, работающих в области дистанционного мониторинга Земли, природных и антропогенных процессов; (пункт 4.7.4.2 плана работ на 2017 г.)

В рамках Тринадцатой Всероссийской научной школы-конференции по фундаментальным проблемам дистанционного зондирования Земли из космоса был проведен конкурс работ молодых ученых. Всего в конкурсе устных и стендовых докладов приняло участие 86 работ молодых ученых. По результатам конкурса было присуждено 1 первая, 2 вторых и 4 третьих премии.

В рамках конкурса научных работ ИКИ РАН проведенного в 2017 году проведен конкурс по номинации "Лучшая работа, выполненная молодыми учеными»" в котором получили премии 18 работ выполненных молодыми учеными, в том числе 6 получили первые премий

7.4.3 Научно- методическое обеспечение работ базовых кафедр ИКИ РАН и образовательных курсов проводимых специалистами ИКИ РАН по направлению "Дистанционного зондирования и Исследования Земли из Космоса". (пункт 4.7.4.3 плана работ на 2017 г.)

В 2017 году была разработана для Факультета Космических исследований МГУ (<https://cosmos.msu.ru/>) была разработана магистерская программа "Методы и технологии дистанционного зондирования Земли". В настоящее время по данной программе обучается 21 студент. Специалисты ИКИ РАН участвуют в проведение лекций и семинаров, а также руководят курсовыми работами.

7.3.4 Участие в проведения дней "открытых дверей", и экскурсий в ИКИ РАН, а также и научно-образовательных лекций для школьников, студентов и аспирантов в части представления возможностей направления "Дистанционного

зондирования и Исследования Земли из Космоса" (пункт 4.7.4.4 плана работ на 2017 г.)

В 2017 г. в ИКИ РАН были проведены уже ставшие традиционными «Дни открытых дверей» для школьников (15 апреля, посвященный Дню космонавтики и 7 октября в рамках «Дня космической науки»). Количество посетителей каждого было более 200 человек. В рамках проведенного 15 апреля 2017 г. в ИКИ РАН Дня открытых дверей для школьников старших классов заведующей лабораторией отдела Исследование Земли из космоса была прочитана лекция на тему «Исследование морей из космоса».

Разработан раздел образовательной программы, посвященный методам и технологиям ДЗЗ для учеников Ломоносовской гимназии. В реализации программы «Академический класс в московской школе» (<http://docs.cntd.ru/document/456037056>) в настоящее время принимают участие специалисты НОЦ и отдела Технологий спутникового мониторинга ИКИ РАН.

Заключение

Представленные в данной главе материалы показывают, что научно-исследовательские работы по направлению «Мониторинг-Инфраструктура» проводились в полном соответствии с планом.

Можно считать, что научно-исследовательские работы по направлению «Мониторинг-Инфраструктура» выполнены в полном объеме.

РАЗДЕЛ 8 ОСНОВНЫЕ ДИСТИЖЕНИЯ ГОТОВЫЕ К СПОЛЬЗОВАНИЮ

Введение

В настоящем разделе приводятся основные результаты работ, полученные на основе методов, технологий и систем, разработанных в рамках темы "Мониторинг", готовые к внедрению и находящиеся в опытной и промышленной эксплуатации.

8.1 Создание и внедрение технологии использования данных геостационарных систем ДЗЗ нового поколения для решения задач мониторинга вулканической активности.

В 2016-2017 годах ИКИ РАН совместно с ИВиС ДВО РАН и ДЦ ФГБУ «НИЦ "Планета"» создали и внедрили в информационную систему мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил (<http://volcanoes.smislab.ru>), технологию, позволяющую использовать информацию, оперативно поступающую с геостационарного спутника нового поколения Himawari-8. Это обеспечило возможность оперативного получения постоянно обновляющейся информации (каждые 10 мин) и ее анализа для решения как оперативного мониторинга извержений, так задач исследования различных вулканических процессов с использованием данных квазинепрерывных спутниковых наблюдений. Подробно возможности созданной технологии описаны в работе. Внедрение созданной технологии фактически обеспечило исследователей новыми инструментами для исследования быстропротекающих вулканических процессов и позволило начать разработку новых методик для обработки и анализа спутниковых данных. В 2017 году эти возможности позволили получить уникальную информацию об одновременных извержениях нескольких вулканов Северной группы Камчатки, которое происходило в период с 14 по 18 июня 2017 года (см. рис 1).

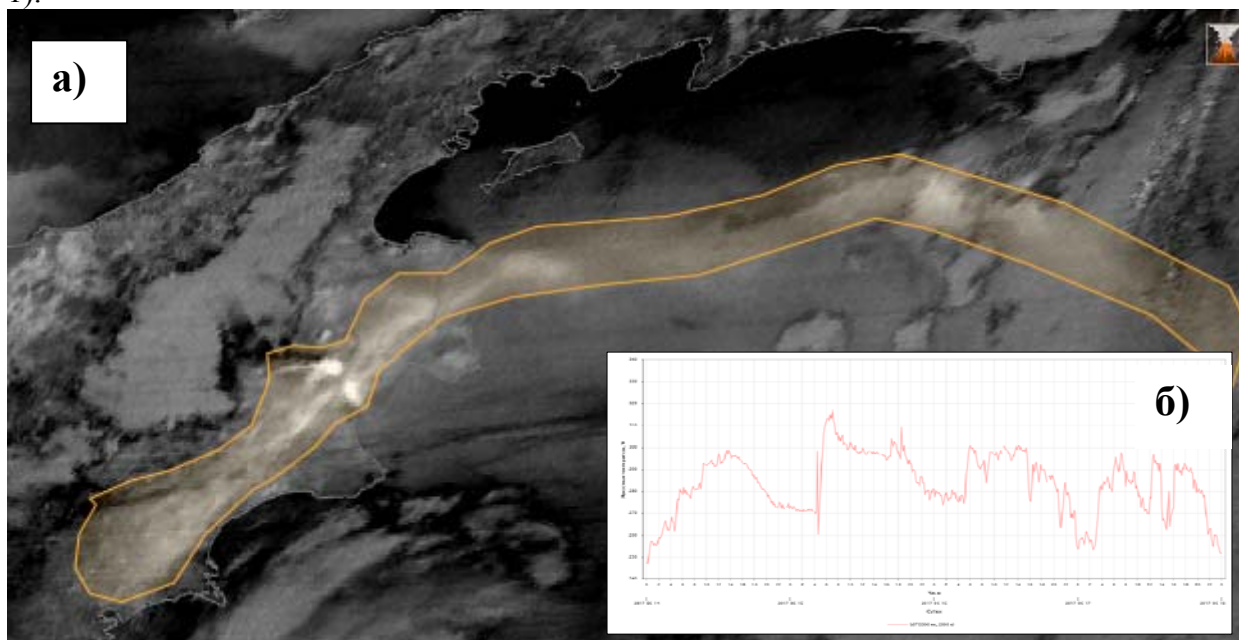


Рисунок 8.1.1. - а) территория, на которую распространились пепловые шлейфы при извержениях нескольких вулканов Камчатки период 14-15 июня 2017 года по состоянию на 15:20 MSK б) непрерывные наблюдения яркостной температуры тепловой аномалии на вулкане Швелуч в период с 14 по 18 июня 2017 года

РАЗДЕЛ 9 ГРАНТЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ МОНИТОРИНГ

Грант РФФИ 15-07-05564 Разработка научно методических основ геоинформационной технологии дистанционного мониторинга виноградников, 2015-2017, Руководитель Лупян Е.А.

Грант РФФИ 16-29-09615 Разработка методов и информационных инструментов для получения, интерпретации и эффективного использования в специальных криминалистических экспертизах данных мультиспектрального дистанционного зондирования ареалов растений, 2016-2018, Руководитель Саворский В.П.

Грант РФФИ 15-29-07953 Разработка на основе облачных вычислений методов и алгоритмов распределенного хранения, обработки и анализа сверхбольших наборов данных дистанционного наблюдения для решения крупномасштабных научных задач в области мониторинга состояния окружающей среды, 2015-2017, Руководитель Смагин С.И.

Грант РФФИ 16-37-00427 Разработка новых подходов и методов построения инструментов для работы со сверхбольшими архивами данных дистанционного зондирования с использованием распределенных вычислительных ресурсов, 2016-2017, Руководитель Кашницкий А.В.

Грант РФФИ 17-05-41152 РГО_а Создание геоинформационные технологий для мониторинга природно-хозяйственных систем Приморского края на основе комплексного использования современных спутниковых систем дистанционного зондирования, 2017-2019, Руководитель Алексанин А.И.

Грант РФФИ 17-05-20569 Проект организации Пятнадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2017, Руководитель Лупян Е.А.

Грант РФФИ 17-05-00715-а Гидродинамические процессы, связанные с распространением речных и лагунных вод в море, и методы их дистанционной диагностики, 2017–2019, Руководитель Лаврова О.Ю.

Грант РФФИ 16-05-00164-а Исследование ледового щита Антарктиды с помощью спутниковой микроволновой радиометрии, 2016–2018, Руководитель Тихонов В.В.

Грант РФФИ 16-05-00551 Диагностика и прогноз зарождения тропических циклонов с применением облачно-разрешающего численного моделирования, 2016-2018, Руководитель Левина Г.В.

Грант РФФИ 15-05-06849а Экспериментальное и теоретическое исследование когерентных структур конвективного пограничного слоя атмосферы, 2015-2017, Исполнитель Чхетиани О.Г.

Конкурс Минобрнауки РФ 2015-14-579-0173-5783 (Соглашение 14.607.21.0122) Разработка методов и программных комплексов автоматизированной обработки спутниковых данных дистанционного зондирования Земли для создания и поддержки информационных сервисов мониторинга ресурсного потенциала и состояния лесов России, 2015-2017, Руководитель Егоров В.А.

Конкурс Минобрнауки РФ 2015-14-588-0003-4500 (Соглашение 14.616.21.0063) Развитие автоматизированных методов и информационных технологий глобального спутникового мониторинга сельского хозяйства в поддержку программы GEOGLAM, 2015-2017, Руководитель Лупян Е.А.

Российский научный фонд 16-17-00042 Оценка опасности взрывных извержений вулканов на основе комплексного анализа данных дистанционного зондирования и наземных инструментальных наблюдений, 2016-2017, Руководитель Гордеев Е.И.

Российский научный фонд 14-17-00555 Исследование влияния динамических и циркуляционных процессов на распространение антропогенных и биогенных загрязнений морской поверхности на основе комплексного использования спутниковой информации, 2017–2018, Руководитель Лаврова О.Ю.

Программа Президиума РАН I.24П Нелинейная динамика в математических и физических науках, проект 5.11. Генерация потоков быстрых заряженных частиц когерентными волновыми структурами в космической плазме, нелинейная нестационарная динамика вихревых когерентных структур в пограничных слоях атмосферы, нелинейная динамика и устойчивость плазмы в тонких токовых слоях магнитосферы. Нелинейная динамика в системах с быстрыми и медленными движениями, численный анализ течений в атмосфере и океане в приближении «мелкой воды» с учетом неоднородной поверхности, 2017-2020, Руководитель Н.С.Ерохин.

Проект 4.4 Исследование влияния электромагнитных взаимодействий на генерацию спиральных крупномасштабных вихрей в атмосфере, Программы III.2ОФН РАН, Фундаментальные проблемы электродинамики и волновой, 2016-2019, Руководитель проекта Ерохин Н.С.

Программа П-18 Природные катастрофы и адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики, 2014-2017, Исполнитель Чхетиани О.Г.

Программа ОНЗ-11 Влияние современных изменений климата и окружающей среды на процессы в атмосфере и криосфере, 2014-2017, Исполнитель Чхетиани О.Г.

Программа П-9 Экспериментальные и теоретические исследования объектов Солнечной системы и планетных систем звезд, 2014-2017, Исполнитель Чхетиани О.Г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение отметим, что по результатам работ по направлению темы ""Мониторинг" сотрудниками ИКИ РАН опубликовано – 221 работа из них опубликовано:

- в зарубежных изданиях – 16
- книг – 2
- статьи в отечественных научных рецензируемых журналах – 49
- статьи в сборниках материалов конференций - 9
- Доклады, тезисы, циркуляры – 141
- Патенты – 4

Отметим результаты, полученные в рамках выполненных работ, в том числе тот факт, что возможности центра коллективного пользования "ИКИ-Мониторинг" используются в настоящее время для выполнения нескольких десятков научных проектов, выполняемых в более чем 40 научных и образовательных организациях.

Особо следует отметить то, что результаты, полученные в рамках направлений работ темы мониторинг, уже сегодня используются для поддержки и развития различных прикладных систем дистанционного мониторинга, в том числе:

- Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства ИСДМ Рослесхоз (<http://www.pushkino.aviales.ru>), предназначенную для сбора информации о пожарах по всей территории России, сбора информации о состоянии окружающей среды, подготовки информационных продуктов для анализа пожарной обстановки и последствий пожаров и оперативного распространения накопленной информации.
- Отраслевой информационной системы мониторинга Федерального агентства рыбного хозяйства (ОСМ Росрыболовства) (<http://osm.smislab.ru/>) ориентированную на получение информации о деятельности промысловых судов.
- Информационной системы комплексного дистанционного мониторинга лесов Приморского края ("Вега-Приморье") (<http://primorsky.geosmis.ru/>).
- Информационной системы дистанционного мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил (VolSatView) используемой как для изучения вулканов, так и для обеспечения полетов авиации (<http://volcanoes.smislab.ru>).
- Информационной системы Вега-GEOGLAM развиваемой при поддержке Европейской комиссии и Министерства науки и образования РФ в интересах создания глобальной системы мониторинга сельского хозяйства. (<http://vega.geoglam.ru/>)

В заключение отметим, что работы по теме "Мониторинг" проводились в соответствии с утвержденным планом и полностью выполнены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Публикации в зарубежных изданиях

1. *Ermakov S.A., Kapustin I.A., Lavrova O.Yu., Molkov A.A., Sergievskaya I.A., Shomina O.V.* Experimental study of dual polarized radar return from the sea surface // Proc. SPIE 10422, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2017. 104220G. doi: 10.1117/12.2278555 (Индексируется Web of Science, Scopus).
2. *Khatuntsev I.V., Patsaeva M.V., Titov D.V., Ignatiev N.I., Turin A.V., Fedorova A.A. Markiewicz W.J.* Winds in the middle cloud deck from the near-IR imaging by the Venus Monitoring Camera onboard Venus Express // J. Geophysical Research: Planets. 2017. (in press).
3. *Khatuntsev I.V., Patsaeva M.V., Titov D.V., Ignatiev N.I., Turin A.V., Bertaux J.-L.* Cloud level winds from UV and IR images obtained by VMC on-board Venus Express // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly. 2017. V. 19. EGU2017-5166. doi: 10.1016/j.icarus.2013.05.018
4. *Lavrova O., Mityagina M.* Satellite Survey of Internal Waves in the Black and Caspian Seas // Remote Sensing. 2017. V. 9. Iss. 9. P. 892. doi: 10.3390/rs9090892. (ИФ 3,244. Индексируется Web of Science, Scopus). (С поддержкой РНФ).
5. *Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Bocharova T.Yu., Kostianoy A.G.* Long-term monitoring of sea ice conditions in the Kerch Strait by remote sensing data // Proc. SPIE 10422, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2017. 104220L. doi: 10.1117/12.2277829. (Индексируется Web of Science, Scopus). (С поддержкой РНФ).
6. *Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Kostianoy A.G., Storchkov M.A.* Satellite Monitoring of the Black Sea Ecological Risk Areas // Ecologica Montenegrina. 2017. V. 14. P. 1–13. www.biotaxa.org/em (ИФ 0.358. Индексируется Scopus). (С поддержкой РНФ).
7. *Mityagina M.I., Lavrova O.Yu.* Multi-sensor satellite survey of natural oil slicks in the southeastern Black Sea // Proc. SPIE 10422, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2017. 1042215. doi: 10.1117/12.2278025. (Индексируется Web of Science, Scopus). (С поддержкой РНФ).
8. *Sergievskaya I., Ermakov S., Lazareva T., Lavrova O.* Damping of surface waves due to oil emulsions in application to ocean remote sensing // Proc. SPIE 10422, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2017. 104221H. doi:10.1117/12.2278575. (Индексируется Web of Science, Scopus). doi: 10.1117/12.2278575.
9. *Tikhonov V.V., Boyarskii D.A., Polyakova O.N.* Analysis of the optical constants of magnetite, pyrite and chalcopyrite in the microwave range using the method Kramers-Kronig // Optics and Spectroscopy. 2017. No. 3. P. 410–415. doi: 10.1134/S0030400X17030195. (Web of Science, IF 0.716).
10. *Polyansky V, Zhukov B., Zubarev A., Nadezhdina I., Brusnikin E., Oberst J., Duxbury T.* Stereo topographic mapping concept for the upcoming Luna-Resurs-1 orbiter mission // Planetary and Space Science. 2017. doi:10.1016/j.pss.2017.09.013
11. *Onishchenko O. G., Fedun V., Horton W., Pokhotelov O. A., and Astafieva N.* Stationary Concentrated Vortex Model // Annual Geophysics, angeo-2017-196 (представлена к печати).
12. *Martin M., Gusev A. A., Vilela D. C., Gomes M. P., Alves M.A., de Abreu A., Silva M. C. and de Carvalho R. R. F.* Environmental Low Energy Gamma Rays Measurements in Brazilian Tropics Region During 2016 // Journal of Environmental Science and Engineering A, v.5, No 11. P. 559-565, doi:10.17265/2162-5298/2016.11.002, November 2017. (Scopus)
13. *Martin M., Gomes M.P., Gusev A. A.* Low energy gamma rays measurements during January to February 2017 in São José dos Campos, SP, Brazil region International Journal of Research

- in Engineering & Technology v. 5, Issue 3, P. 21-26, Mar 2017, ISSN(P): 2347-4599; ISSN(E): 2321-8843.
14. *Martin I. M., Gomes M.P., Gusev A. A., Carvalho R.R.F., Gomes R.A.* Low energy gamma rays and neutrons measurements during January 2016 to February 2017 in South Atlantic anomaly region // *Journal of Scientific Research and Studies* Vol. 4(5), P. 121-129, May, 2017. (IF = 1.22)
 15. *Gusev A.A., Martin I.M.* Thermal neutrons of the terrestrial origin in the Brazilian region // *Radiation Protection and Environment*, 2017. Published by Wolters Kluwer – Medknow. (Принято в печать)
 16. *Chkhetiani, O.G., Gledzer, E.B.* 2017. Helical turbulence with small-scale energy and helicity sources and external intermediate scale noises as the origin of large scale generation // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. V. 486 .2017. P. 416–433. (IF = 2.243, Web of science, Scopus)

Книги

17. *Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Костяной А.Г.* Спутниковые методы выявления и мониторинга зон экологического риска морских акваторий. Москва: ИКИ РАН, 2016. 335 с. (С поддержкой РНФ).
18. *Гледзер Е.Б., Чхетиани О.Г.* Явления обратного каскада энергии в турбулентности со спиральностью". В книге "Динамика волновых и обменных процессов в атмосфере". Под ред. О.Г. Чхетиани, М.Е. Горбунова, С.Н. Куличкова, И.А. Репиной. М.: ГЕОС, 2017. 508 с. 84-110.

Публикации в отечественных научных рецензируемых изданиях

19. Сорокин, А.А. Гирина О.А., Лупян Е.А., Мальковский С.И., Балашов И.В. , Ефремов В.Ю., Крамарева Л.С., Королев С.П., Романова И.М. Спутниковые наблюдения и результаты численного моделирования для комплексного анализа распространения пепловых шлейфов во время эксплозивных извержений вулканов Камчатки // *Метеорология и гидрология*. 2017. № 12. С. 25-34. (в печати) (Импакт фактор 0,828, Web of Science, Scopus) (РНФ)
20. Лупян Е.А., Барталев С.А., Балашов И.В., Егоров В.А., Ершов Д.В., *Кобец Д. А. Сенько К.С., Стыценок Ф.В., Сычугов И.А.*, Спутниковый мониторинг лесных пожаров в 21 веке на территории Российской федерации (цифры и факты по данным детектирования активного горения) // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2017. Т. 14. № 6 С. (в печати) (Импакт фактор 1,077, Scopus)
21. Саворский В.П. Котельников Р.В. Барталев С.А. Маклаков С.М. Панова О.Ю. Возможности получения объективных количественных дистанционных оценок причиняемого лесам вреда // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2017. Т. 14. № 7 С. (в печати) (Импакт фактор 1,077, Scopus)
22. *Ерошенко Ф.В., Барталев С.А., Кулинцев В.В., Сторчак И.Г., Шестакова Е.О., Симатин Т.В.* Возможности региональной оценки качества зерна озимой пшеницы на основе спутниковых данных дистанционного зондирования // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса* (принята к печати). (Импакт фактор 1,077, Scopus)
23. *Жарко В.О., Барталев С.А., Егоров В.А.* Исследование возможностей оценки запасов древесины в лесах Приморского края по данным спутниковой системы Proba-V //

- Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (принята к печати). (Импакт фактор 1,077, Scopus)
24. *Барталев С.А., Стыценко Ф.В., Хвостиков С.А., Лупян Е.А.* Мониторинг и прогнозирование пирогенной гибели лесов на основе данных спутниковых наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (принята к печати). (Импакт фактор 1,077, Scopus)
 25. *Гирина О.А., Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Сорокин А.А., Уваров И.А., Кашицкий А.В., Бурцев М.А., Марченков В.В., Бриль А.А., Мазуров А.А., Романова И.М., Мальковский С.И.* Применение данных спутника Himawari для мониторинга вулканов Камчатки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 7. (в печати) (Импакт фактор 1,077, Scopus) (РНФ)
 26. *Толпин В.А., Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Кашицкий А.В., Лупян Е.А., Уваров И.А.* Формирование информационной базы спутниковых и наземных данных для отработки методик дистанционного мониторинга виноградарства в Республике Крым // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 1. С. 101-110. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-1-101-110. (Импакт фактор 1,077, Scopus)
 27. *Лупян Е.А., Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Костяной А.Г.* Ледовая обстановка в районе строительства Крымского моста в феврале 2017 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 1. С. 247-251. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-1-247-251. (Импакт фактор 1,077, Scopus) (РНФ)
 28. *Симонова Е.Г., Картавая С.А., Тутков А.В., Локтионова М.Н., Раичич С.Р., Толпин В.А., Лупян Е.А., Платонов А.Е.* Сибирская язва на Ямале: оценка эпизоотологических и эпидемиологических рисков // Проблемы особо опасных инфекций. 2017. № 1. С. 89-93. DOI: 10.21055/0370-1069-2017-1-89-93. (Импакт фактор 0,731)
 29. *Лупян Е.А., Барталев С.А., Крашенинникова Ю.С., Плотников Д.Е., Толпин В.А.* Наблюдение раннего развития озимых культур в южных регионах европейской части России весной 2017 года на основе данных дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 2. С. 268-272. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-268-272. (Импакт фактор 1,077, Scopus)
 30. *Руткевич П.Б., Руткевич Б.П., Комарова Н.Ю.* Об атмосферных вихрях типа торнадо в модели аксиальной конвекции с влажным воздухом // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 2. С. 221-229. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-221-229. (Импакт фактор 1,077, Scopus)
 31. *Кобец Д.А., Балашов И.В., Сычугов И.Г., Толпин В.А.* Организация контроля и анализа работоспособности систем автоматизированной обработки спутниковых данных с использованием VI-технологий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 92-103. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-92-103. (Импакт фактор 1,077, Scopus)
 32. *Гирина О.А., Лупян Е.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Кашицкий А.В., Бриль А.А., Сорокин А.А.* Извержения Северной группы вулканов Камчатки 14–18 июня 2017 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 317-323. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-317-323. (Импакт фактор 1,077, Scopus) (РНФ)
 33. *Лупян Е.А., Барталев С.А., Крашенинникова Ю.С., Плотников Д.Е., Толпин В.А.* Аномальное развитие яровых культур в регионах европейской части России в 2017 году // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 324-329. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-324-329. (Импакт фактор 1,077, Scopus)

34. *Плотников Д.Е., Барталев С.А., Лупян Е.А., Толпин В.А.* Оценка точности выявления посевов озимых культур в весенне-летний период вегетации по данным прибора MODIS // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2017. Т. 14. № 4. С. 132-145. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-132-145. (Импакт фактор 1,077, Scopus)
35. *Барталев С.А., Елкина Е.С., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Толпин В.А.* Дистанционная оценка озимых культур урожая 2017 года в Российской Федерации // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2017. Т. 14. № 4. С. 275-280. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-275-280. (Импакт фактор 1,077, Scopus)
36. *Бордонский Г.С., Орлов А.О., Хапун Ю.Б.* Коэффициент затухания и диэлектрическая проницаемость переохлажденной объемной воды в интервале температур 0...–90 °С на частотах 11...140 ГГц // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2017. Т. 14. № 3. С. 255–270. (ИФ 1,077. Индексируется: Scopus, РИНЦ). doi: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-255-270
37. *Голунов В.А., Кузьмин А.В., Скулачев Д.П., Хохлов Г.И.* Результаты экспериментального исследования частотной зависимости ослабления, рассеяния и поглощения миллиметровых волн в сухом снежном покрове // *Радиотехника и электроника.* 2017. Т. 62. № 9. С. 857–865.
38. *Ермаков Д.М., Шарков Е.А., Чернушич А.П.* Анализ эволюции системы взаимодействующих тайфунов с помощью спутникового радиотепловидения // *Исследование Земли из космоса.* 2017. № 2. С. 77–87. doi: 10.7868/S0205961417020026 (Web of Science. SCOPUS. РИНЦ: ИФ 1,242). URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=29404248>.
39. *Китаев Л.М., Тихонов В.В., Титкова Т.Б.* Точность воспроизведения по спутниковым данными аномальных значений снегозапасов // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2017. Т. 14. № 1. С. 27–39. doi: 10.21046/2070-7401-2017-14-1-27-39. (ИФ 1,077. Индексируется: РИНЦ, SCOPUS).
40. *Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Костяной А.Г.* Ледовая обстановка в Керченском проливе в текущем столетии. Ретроспективный анализ на основе спутниковых данных // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2017. Т. 14. № 2. С. 148–166. doi: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-148-166. (ИФ 1,077. Индексируется: Scopus, РИНЦ). (С поддержкой РНФ).
41. *Лаврова О.Ю., Назирова К.Р., Строчков А.А.* Современные возможности проведения комплексного анализа распространения нефтяного загрязнения морской поверхности на примере судового сброса в Лионском заливе // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2017. Т. 14. № 4. С. 193–203. doi: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-193-203. (ИФ 1,077. Индексируется: Scopus, РИНЦ). (С поддержкой РНФ).
42. *Сазонов Д.С.* Корреляционный анализ экспериментальных дистанционных измерений и моделей микроволнового излучения взволнованной водной поверхности // *Исследование Земли из космоса.* 2017. № 3. С. 53–64. doi: 10.7868/S020596141703006X. (Web of Science. SCOPUS. РИНЦ: ИФ 1,242).
43. *Сазонов Д.С.* Моделирование микроволнового излучения взволнованной морской поверхности на основе экспериментальных данных // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2017. Т. 14. № 3. С. 271–287. (ИФ 1,077. Индексируется: Scopus, РИНЦ). doi: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-271-287.
44. *Стерлядкин В.В., Пашинов Е.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А.* Влияние подстилающей поверхности на точность дифференциальных радиометрических измерений профиля водяного пара в нижней тропосфере со спутников // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2017. Т. 14. № 5. С. 268–277. (ИФ 1,077. Индексируется: Scopus, РИНЦ). doi: 10.21046/2070-7401-2017-14-5-268-277.

45. **Стерлядкин В.В., Пашинов Е.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А.** Дифференциальные радиотепловые методы восстановления профиля влажности атмосферы с борта космических аппаратов // Исследование Земли из космоса. 2017. № 2. С. 64–76. (Web of Science. SCOPUS. РИНЦ: ИФ 1,242). doi: 10.7868/S0205961417020087.
46. **Тихонов В.В., Боярский Д.А., Полякова О.Н.** Анализ оптических постоянных магнетита, пирита и халькопирита в микроволновом диапазоне с помощью метода Крамерса-Кронига // Оптика и спектроскопия. 2017. Т. 122. № 3. С. 423–429. doi: 10.7868/S0030403417030205. (РИНЦ).
47. **Тихонов В.В., Раев М.Д., Шарков Е.А., Боярский Д.А., Комарова Н.Ю.** Модель собственного микроволнового излучения снежно-фирновых слоёв Антарктиды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 1. С. 200–204. doi: 10.21046/2070-7401-2017-14-1-200-204. URL: http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2017t1/200-204.pdf. (ИФ 1,077. Индексируется: Scopus, РИНЦ)
48. **Тихонов В.В., Хвостов И.В., Романов А.Н., Шарков Е.А.** Анализ изменений ледяного покрова пресноводных водоёмов по данным SMOS // Исследование Земли из космоса. 2017. № 6. С. 46–53 (Web of Science. SCOPUS. РИНЦ: ИФ 1,242).
49. **Хвостов И.В., Романов А.Н., Тихонов В.В., Шарков Е.А.** Некоторые особенности микроволнового радиотеплового излучения пресноводных водоёмов с ледовым покровом // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 4. С. 149–154. doi: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-149-154. URL: http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2017t4/149-154.pdf. (ИФ 1,077. Индексируется: Scopus, РИНЦ).
50. **Лаврова О.Ю., Лупян Е.А.** Журнал и конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса" - среда для обсуждения вопросов ДЗЗ /// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 6 С. (в печати)
51. **Голенко М.Н., Краюшкин Е.В., Лаврова О.Ю.** Исследование особенностей прибрежных поверхностных течений в Юго-Восточной Балтике по результатам подспутниковых дрейфтерных экспериментов и численного моделирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 7. С. (ИФ 1,077. Индексируется: Scopus, РИНЦ) (в печати) (С поддержкой РНФ)
52. **Кобелева А.А., Эльяшев Я.Д., Бессонов Р.В., Куделин М.И., Аванесов Г.А., Форш А.А.** Результаты радиационных испытаний КМОП-матрицы CMV20000 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2017, представлена к печати. (Импакт фактор 1,077, Scopus).
53. **Садовский А.М., Сазонов В.В.** Открытие магистерской программы «Методы и технологии дистанционного зондирования Земли» на Факультете космических исследований МГУ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 2. С. 273-277. (Импакт фактор 1,077, Scopus).
54. **Altaisky M.V.** Wavelets and renormalization group in quantum field theory problems. // Ядерная физика – в печати, DOI prefix 10.1134* . (Scopus)
55. **Левина Г.В., Зольникова Н.Н., Михайловская Л.А.** Облачно-разрешающий численный анализ процесса генерации спиральности в условиях тропического циклогенеза. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т.14. № 4. С. 213–222. (Scopus. IF = 1,077)
56. **Арумов Г. П., Бухарин А. В.** Использование ненормализованных моментов для определения статистических параметров несферических частиц по их изображениям. Журнал "Измерительная техника", 2017, № 11. (Scopus. IF = 0.138)
57. **Онищенко О. Г., Похотелов О. А., Астафьева Н. М.** Генерация конвективного движения и пылевых вихрей в неустойчиво стратифицированной атмосфере. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 2. С. 196–

205. (Scopus. IF = 0.816)
58. *Кудашев Е.Б., Яблоник Л.Р., Jian-hua Liu.* Приемник турбулентных пульсаций давления в температурно- стратифицированной среде // *Акустический журнал*, 2018. Том 64. № 1. (Scopus. IF = 0.397)
59. *Кудашев Е.Б.* Работа акустического приемника в поле псевдозвуковых турбулентных давлений. *Акустический журнал*, 2017 (принято к печати). (Scopus. IF = 0.397)
60. *Ижовкина Н.И., Артеха С.Н., Ерохин Н.С., Михайловская Л.А.* Влияние солнечного и галактического космического излучения на атмосферные вихревые структуры // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2017, т.14, № 2, с. 209–220. (Scopus. IF = 1,077)
61. *Ижовкина Н.И., Артеха С.Н., Ерохин Н.С., Михайловская Л.А.* Влияние космического излучения на генерацию вихревых структур в атмосфере // *Инженерная физика*. 2017, № 5, с.59-69. (IF = 0.278. РИНЦ)
62. *В.В. Золотарёв.* О новом этапе развития оптимизационной теории кодирования // *Цифровая обработка сигналов*. №1. 2017. (ИФ 0,469.
63. *В.В. Золотарёв, Г.В. Овечкин, П.В. Овечкин.* Эффективные многопороговые методы декодирования самоортогональных кодов // *Вестник РГРТУ*. №60. 2017. (ИФ 0,480)
64. *В.В. Золотарёв, Г.В. Овечкин, П.В. Овечкин.* Характеристики блоковых реализаций алгоритма Витерби // *Вестник РГРТУ*. №59. 2017. (ИФ 0,480)
65. *Золотарев В.В., Овечкин Г.В., Чулков И.В., Овечкин П.В., Аверин С.В., Сатыбалдина Д.Ж., Као В.Т.* Обзор достижений оптимизационной теории для спутниковых каналов и систем ДЗЗ: 25 лет развития // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2017. Т. 14. № 1. С. 9–24. (Импакт фактор 1,077, Scopus)
66. *Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Овечкин П.В., Исаев Г.В.* О важной модификации алгоритма Витерби // *Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: Межвуз. сб. науч. тр. Рязань*, 2017. С.34-37.
67. *Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Овечкин П.В., Корябкин В.В.* Использование графических процессоров для реализации алгоритма декодирования Витерби с продолжением только наиболее вероятных путей // *Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: Межвуз. сб. науч. тр. Рязань*, 2017. С.29-34.

Публикации в сборниках материалов конференций

68. *Балашов И.В., Бурцев М.А., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Толтин В.А., Уваров И.А.* Опыт создания региональных, специализированных, научных информационных систем мониторинга на основе данных ДЗЗ // *Труды Всероссийской конференции "Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов"*, 29-31 августа 2017, Новосибирск, 2017. С. 17-21.
69. *Кашицкий А.В., Лупян Е.А.* Удаленный анализ и обработка данных ДЗЗ, предоставляемых сверхбольшими распределенными системами архивации // *Труды Всероссийской конференции "Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов"*, 29-31 августа 2017, Новосибирск, 2017. С. 102-106.
70. *Барталев С.А., Лупян Е.А., Балашов И.В., Барталев С.С., Бурцев М.А., Бриль А.А., Егоров В.А., Кашицкий А.В., Мазуров А.А., Оксюкевич А.Ю., Прошин А.А., Сенько К.С., Стыценко Ф.В., Уваров И.А.* Возможности создания региональных систем комплексного дистанционного мониторинга лесов // *Материалы IV Международной научной конференции "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли"*, Красноярск: СФУ, 12-15 сентября 2017 г., 2017. С. 32-35.

71. *Кобец Д.А., Матвеев А.М., Прошин А.А., Мазуров А.А.* Контроль работоспособности и управление распределенными комплексами автоматической потоковой обработки спутниковых данных // *Материалы IV Международной научной конференции "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли"*, Красноярск: СФУ, 12-15 сентября 2017 г., 2017. С. 49-51.
72. *Лупян Е.А., Барталев С.А., Толпин В.А., Плотников Д.Е., Елкина Е.С., Крашенинникова Ю.С., Оксюкевич А.Ю.* Возможности использования современных спутниковых технологий ДЗЗ для решения региональных задач мониторинга сельскохозяйственных земель и посевов // *Материалы IV Международной научной конференции "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли"*, Красноярск: СФУ, 12-15 сентября 2017 г., 2017. С. 24-27.
73. *Назирова К.Р., Лаврова О.Ю.* Морские загрязнения и вихревая активность в северо-восточной части Чёрного моря // *Комплексные исследования Мирового океана (КИМО-2017): материалы 2-й Всероссийской научной конференции молодых учёных. ИО РАН, Москва, 10–14 апреля 2017. С. 197–199.*
74. *Кондратьева Т.В., Жуков Б.С., Пермитина Л.И., Полянский И.В.* Результаты сопоставления коэффициентов спектральной яркости природных объектов по данным комплекса многозональной спутниковой съёмки КМСС-М КА «Метеор-М» №2 и MODIS КА TERRA за период апрель-май 2016 г. // *Сборник трудов Пятой всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы ориентации и навигации космических аппаратов».* Таруса, 5-8 сентября 2016. Изд-во ИКИ РАН, 2017. Стр. 216-225.
75. *Арумов Г. П., Бухарин А. В.* Использование параметров, описывающих трансформацию пучка, в задаче определения поперечных сечений для несферических частиц. Четырнадцатая международная научно-техническая конференция, «Оптические методы исследования потоков», Москва, МЭИ, 26 – 30 июня 2017 г. Сборник статей. Стр. 223-231. ISBN 978-5-906972-44-6.
76. *Князев Н.А., Логинов М.С., Палатов Ю.А.* "Идентификация облаков ФАВ в приземном слое атмосферы по данным космической съёмки". // *Материалы XLVII научной конференции. г. Вольск-18, Саратовская обл., 17-18 апреля 2017 г. "33 ЦНИИИ" МО РФ. 2017 г., 8 с.*

Тезисы, доклады, циркуляры

77. *Лупян Е.А.* Технологии построения информационных систем дистанционного мониторинга // *Материалы четвертой Международной научно-практической конференции "Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния". 11-12 мая 2017 г., Минск, М-во образования Респ. Беларусь, НИУ "Ин-т приклад. физ. проблем им. А.Н. Севченко Беларус. гос. ун-та. Минск., 2017. С. 185-186.*
78. *Кашиницкий А.В., Бурцев М.А., Кобец Д.А., Матвеев А.М., Балашов И.В.* Инструменты интерактивного выделения объектов на спутниковых данных в Информационных системах "Созвездие-ВЕГА" // *XIV Конференция молодых ученых, посвященная дню космонавтики, "Фундаментальные и прикладные космические исследования"*, тезисы докладов, 12-14 апреля, 2017. С. 141.
79. *Кобец Д.А., Балашов И.В., Сычугов И.Г., Толпин В.А.* Построение на основе В1-технологий инструментов анализа информации о состоянии растительного покрова в сервисах созвездия ВЕГА // *XIV Конференция молодых ученых, посвященная дню космонавтики, "Фундаментальные и прикладные космические исследования"*, тезисы докладов, 12-14 апреля, 2017. С. 142.

80. Колбудаев П.А., Барталев С.А., Матвеев А.М., Плотников Д.Е., Егоров В.А. Технология обработки спутниковых данных Landsat-TM/ETM+/OLI-TIRS // XIV Конференция молодых ученых, посвященная дню космонавтики, "Фундаментальные и прикладные космические исследования", тезисы докладов, 12-14 апреля, 2017. С. 144.
81. Самофал Е.В., Барталев С.А. Радиолокационные изображения в задаче распознавания типов подстилающей поверхности // XIV Конференция молодых ученых, посвященная дню космонавтики, "Фундаментальные и прикладные космические исследования", тезисы докладов, 12-14 апреля, 2017. С. 134.
82. Константинова А.М., Сычугов И.Г., Балашов И.В. Возможности подготовки интернет-публикаций результатов анализа данных спутниковых наблюдений в семействе "Созвездие-ВЕГА" // XIV Конференция молодых ученых, посвященная дню космонавтики, "Фундаментальные и прикладные космические исследования", тезисы докладов, 12-14 апреля, 2017. С. 139.
83. Колбудаев П.А., Плотников Д.Е., Луян Е.А., Барталев С.А. Предварительная обработка данных МСУ-100М (Метеор-М №2) для решения задач количественной оценки характеристик земной поверхности // 7-я Международная научно-техническая конференция К.Э. Циолковский – 160 лет со дня рождения. Космонавтика. Радиоэлектроника. Геоинформатика. Рязань. 4-6 октября 2017г. Тезисы докладов, 2017. С. 350-353.
84. Кобец Д.А. Построение инструментов для контроля работоспособности и управления распределенными комплексами автоматической потоковой обработки спутниковых данных // 7-я Международная научно-техническая конференция К.Э. Циолковский – 160 лет со дня рождения. Космонавтика. Радиоэлектроника. Геоинформатика. Рязань. 4-6 октября 2017г. Тезисы докладов, 2017. С. 353-357.
85. Кашицкий А.В. Разработка методов и программного обеспечения для построения инструментов обработки данных дистанционного зондирования, предоставляемых сверхбольшими распределенными системами архивации // 7-я Международная научно-техническая конференция К.Э. Циолковский – 160 лет со дня рождения. Космонавтика. Радиоэлектроника. Геоинформатика. Рязань. 4-6 октября 2017г. Тезисы докладов, 2017. С. 357-358.
86. Барталев С.А., Луян Е.А. Основные направления и результаты развития методологии спутникового картографирования растительного покрова России // 7-я Международная научно-техническая конференция К.Э. Циолковский – 160 лет со дня рождения. Космонавтика. Радиоэлектроника. Геоинформатика. Рязань. 4-6 октября 2017г. Тезисы докладов, 2017. С. 74-79.
87. Savorskiy V. P., Loupian E. A., Burtsev M. A., Uvarov I. A. Prospects and Trends of Technological Development in Creation of Remote Monitoring Information Systems // Asia/Oceania Meteorological Satellite Users' Conferences (AOMSUC-8). Abstracts. 16-21 October 2017. Vladivostok.
88. Барталев С.А., Егоров В.А., Луян Е.А., Стыценко Ф.В., Хвостиков С.А. Новая методология мониторинга и прогнозирования пирогенной гибели лесов на основе данных многолетних спутниковых наблюдений // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 2.
89. Луян Е.А., Барталев С.А., Балашов И.В., Егоров В.А., Ершов Д.В., Кобец Д.А., Сенько К.С., Стыценко Ф.В., Сычугов И.Г. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в 21 веке на территории Российской Федерации (цифры и факты по данным детектирования активного горения) // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 5.
90. Луян Е.А. Современные вызовы и приоритеты развития систем ДЗЗ // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного

- зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С.
91. *Лаврова О.Ю., Лупян Е.А.* Конференция «Современные проблемы исследования Земли из космоса — 15 лет» // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 5.
 92. *Колбудаев П.А., Плотников Д.Е., Барталев С.А.* Метод предобработки и атмосферной коррекции данных МСУ-100М (Метеор-М №2) для применения в задачах количественной оценки характеристик земной поверхности // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 40.
 93. *Саворский В.П., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Толпин В.А., Кашицкий А.В., Кобец Д.А., Панова О.Ю.* Разработка методов и информационных инструментов для эффективного применения данных дистанционного мониторинга результатов антропогенного воздействия на ареалы растений // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 56.
 94. *Гирина О.А., Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Сорокин А.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Уваров И.А., Кашицкий А.В., Бурцев М.А., Марченков В.В., Бриль А.А., Мазуров А.А.* Применение данных со спутника Himawari-8 для мониторинга вулканов Камчатки и Северных Курил // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 82. (РНФ)
 95. *Гирина О.А., Мельников Д.В., Лупян Е.А., Сорокин А.А., Гордеев Е.И., Маневич А.Г., Крамарева Л.С., Кашицкий А.В., Уваров И.А., Бурцев М.А., Королев С.П., Романова И.М., Кобец Д.А., Мальковский С.И.* Комплексный анализ данных спутникового и видео-визуального мониторинга вулканов Камчатки // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 83. (РНФ)
 96. *Лупян Е.А., Бурцев М.А., Саворский В.П.* Тенденции развития подходов к построению систем дистанционного мониторинга // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 103.
 97. *Мельников Д.В., Крамарева Л.С., Маневич А.Г., Гирина О.А., Уваров И.А., Марченков В.В.* Анализ временных рядов яркости термальных аномалий вулканов Камчатки по данным спутника Himawari-8 // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 106. (РНФ)
 98. *Прошин А.А., Матвеев А.М., Кобец Д.А., Радченко М.В., Сычугов И.Г.* Поддержка бесперебойной работы сложных распределенных систем сбора, обработки, архивации и доступа к спутниковым данным // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 112.
 99. *Балашов И.В., Бурцев М.А., Мазуров А.А., Сенько К.С., Чудин А.О., Гуцалов О.В., Ян В.Д.* Сравнительная верификация термических аномалий по данным спутника Himawari-8 // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 74.
 100. *Беляев М.Ю., Рудаков В.А., Десинов С.Л., Бурцев М.А., Балашов И.В., Ефремов В.Ю.* Опыт использования данных эксперимента "Ураган", выполняемого на МКС, в

- системах семейства «Вега-Созвездие» // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 76.
101. *Бриль А.А., Гирин О.А., Кашицкий А.В., Уваров И.А.* Возможности оценки параметров пепловых шлейфов на основе данных дистанционных наблюдений в информационной системе дистанционного мониторинга активности вулканов Камчатки и Курил VolSatView // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 80.
102. *Дегай А.Ю., Андреев М.В., Егоров В.А., Пырков В.Н., Черных В.Н.* Развитие web-сервисов предоставления спутниковых данных системы мониторинга рыболовства // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 85.
103. *Дегай А.Ю., Пырков В.Н., Черных В.Н., Солодилов А.В.* Рассмотрение возможности классификации треков в системе мониторинга рыболовства с использованием современных технических средств контроля // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 86.
104. *Кашицкий А.В., Балашов И.В., Константинова А.М., Прошин А.А.* Опыт использования виртуальных продуктов в различных информационных системах дистанционного мониторинга // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 98.
105. *Кашицкий А.В., Балашов И.В., Сенько К.С., Ховратович Т.С.* Инструмент интерактивного детектирования лесных рубок в информационной системе мониторинга лесных ресурсов Приморского края // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 99.
106. *Прошин А.А., Константинова А.М., Кашицкий А.В.* Новая реализация подсистемы для работы с пользовательскими информационными продуктами в системах семейства "Созвездие-Вега" // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 111.
107. *Толпин В.А., Кашицкий А.В., Бриль А.А., Самофал Е.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Уваров И.А.* Возможности анализа данных спутников Sentinel 1 в информационных системах Вега-Созвездие // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 123.
108. *Чибисова М.В., Рыбин А.В., Дегтерев А.В., Ефремов В.Ю.* Вулканическая активность вулканов Курильских островов по спутниковым данным в 2016-2017 гг. // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 125.
109. *Руткевич П.Б., Руткевич Б.П., Голицын Г.С.* Формирование плотной облачности над океаном при вторжении холодного воздуха // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 215.
110. *Балашов И.В., Бурцев М.А., Сычугов И.Г., Константинова А.М., Прошин А.А., Толпин В.А., Батанов О.В., Назаров В.Н., Коротков Ф.В.* Система ARES для работы с данными наблюдения Марса // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция

- "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 329.
111. *Златопольский А.А.* Мультимасштабный анализ рельефа и особые значения ширины долин // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 352.
112. *Егоров В.А., Барталев С.А.* Метод детектирования находящихся под влиянием облаков участков земного покрова на основе адаптивной классификации временных рядов данных дистанционного зондирования // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 381.
113. *Жарко В.О., Барталев С.А., Сидоренков В.М.* Исследование возможностей использования данных Sentinel 2, полученных в условиях наличия снежного покрова, для оценки запаса стволовой древесины в лесах // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 385.
114. *Плотников Д.Е., Колбудаев П.А., Барталев С.А., Луян Е.А.* Распознавание используемых пахотных земель на основе сезонных временных серий восстановленных изображений Landsat на примере Московской области // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 410.
115. *Стыценко Ф.В., Барталев С.А.* Вероятностное прогнозирование пирогенной гибели лесов России на основе статического анализа многолетних спутниковых наблюдений // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 419.
116. *Хвостиков С.А., Плотников Д.Е., Барталев С.А.* Оценка возможности распознавания сельскохозяйственных культур на основе спутниковых данных и биофизической модели развития растений // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 430.
117. *Ховратович Т.С., Барталев С.А., Кашицкий А.В.* Алгоритм детектирования рубок леса по спутниковым данным высокого пространственного разрешения // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 431.
118. *Шабанов Н.В.* Стохастический закон Бера-Ламберта для неоднородного растительного покрова // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 434. (РНФ)
119. *Барталев С.А., Елкина Е.С., Плотников Д.Е., Самофал Е.В.* Сравнительный анализ распознаваемости озимых культур по оптическим и радиолокационным спутниковым данным высокого пространственного разрешения // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 369.
120. *Кобец Д.А., Балашов И.В.* Инструменты анализа спутниковых наблюдений природных пожаров на различных типах территорий // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 393.
121. *Луян Е.А., Толпин В.А., Плотников Д.Е., Козочкина А.А.* Интерактивная оценка используемости сельскохозяйственных угодий с использованием возможностей

- спутниковых сервисов семейства "Созвездие-Вега" // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 397.
122. Уваров И.А., Бурцев М.А., Толпин В.А., Береза О.В., Тарасова Л.Л., Страшная А.И., Василенко Е.В., Вирченко О.В. Система Вега-Агрометеоролог - основные задачи и возможности // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 427.
123. Петрукович А.А., Никифоров О.В., Уваров И.А., Подладчикова Т.В. Информационная система мониторинга и прогноза аврорального овала // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 463.
124. Шабанов Н.В. Вегетационные индексы- принципы построения и приложения // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 479.
125. Толпин В.А., Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Кашицкий А.В., Лупян Е.А. Возможности проведения анализа характеристик получаемых на основе данных различных спутниковых систем для групп виноградников с различными свойствами // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 13 - 17 ноября 2017. ИКИ РАН. Москва. Тезисы докладов, 2017.
126. Bartalev S., Zharko V. and Egorov V. Forest mapping over Russia using EO data: overview of ongoing R&D activity // 2nd User Workshop of the GlobBiomass project. 31.01 -02.02.2017. VTT, Espoo.
127. Барталев С.А. Развитие дистанционных методов ежегодного картографирования лесов России, ведение и ежегодное обновление геоинформационных баз данных о состоянии лесов России // 1-ое совещание КПНИ «Экологические и социально-экономические угрозы деградации лесов России в условиях глобальных изменений и пути их предотвращения». 2 февраля 2017 года. Москва. ЦЭПЛ РАН.
128. Лупян Е.А. Возможности создания на базе ЦКП "ИКИ-Мониторинг" блока анализа данных для исследования лесных ресурсов // 1-ое совещание КПНИ «Экологические и социально-экономические угрозы деградации лесов России в условиях глобальных изменений и пути их предотвращения». 2 февраля 2017 года. Москва. ЦЭПЛ РАН.
129. Лупян Е.А. Возможности использования спутникового сервиса Вега для организации дистанционного мониторинга сельскохозяйственных земель Республики Крым // круглый стол «Информационные технологии для обеспечения сельского хозяйства Крыма». 14 марта 2016. Симферополь.
130. Лупян Е.А., Оксюкевич А.Ю. Новые возможности спутникового сервиса Вега-Рго для решения задач оценки состояния и используемости с/х земель // Вторая ежегодная конференция «ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ». 16 марта 2016. Сколково. Москва.
131. Барталев С.А., Лупян Е.А. Возможности спутникового сервиса ВЕГА для мониторинга сельскохозяйственных земель // Всероссийский семинар : «Современные геоинформационные сервисы для осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения». Москва. 5 апреля 2017.
132. Лупян Е.А., Барталев С.А. Возможности сервиса спутникового мониторинга ВЕГА для информационной поддержки федеральных и региональных органов управления агропромышленным комплексом // Первая Всероссийская конференция

- «Информационные технологии на службе агропромышленного комплекса России. 5–6 апреля 2017 г. Москва.
133. Лупян Е.А. Современные тенденции использования данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга процессов природного и техногенного характера // Пятая международная научно-техническая конференция "Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли". 25 мая 2017. Москва. ВНИИЭМ.
 134. Кобец Д.А., Матвеев А.А., Прошин А.А., Мазуров А.А. Контроль работоспособности и управление распределенными комплексами автоматической потоковой обработки спутниковых данных // Пятая международная научно-техническая конференция "Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли". 25 мая 2017. Москва. ВНИИЭМ.
 135. Лупян Е.А., Бурцев М.А., Толпин В.А. Веб-сервис спутникового мониторинга «Вега-Агрометеоролог», основные возможности // Семинар повышения квалификации персонала национальных гидрометеорологических служб (НГМС) стран СНГ «Использование спутниковых данных и продукции» в Научно-исследовательском центре космической гидрометеорологии «Планета». 09 июня 2017 Москва.
 136. Лупян Е.А. Дни белорусской науки // 27-28 июня. Москва.
 137. Loupian E.A., Burtsev M.A., Balashov I.V., Nazarov V. GEOSMIS technology: creation of spatial data analysis user interfaces for Web-based GIS // SpaceOps workshop. 28 June 2017. IKI RAS. Moscow.
 138. Барталев С.А., Лупян Е.А. Возможности спутникового мониторинга сельскохозяйственных земель // Инновационная агропромышленная выставка-форум «Всероссийский день поля 2017». 5-7 июля 2017 года. Республика Татарстан. Казань.
 139. Bartalev S.A., Plotnikov D.E. VEGA-GEOGLAM Web-based EO data analysis facility // SIGMA Final Meeting. 26-27 June 2017. Rome. Italy.
 140. Барталев С.А., Лупян Е.А. Исследования и разработки ИКИ РАН в области использования методов ДЗЗ для решения задач сельскохозяйственного мониторинга // Международной конференции-семинара "Перспективы развития спутникового мониторинга сельского хозяйства с использованием автоматизированных методов и информационных технологий глобального спутникового мониторинга сельского хозяйства в поддержку программы GEOGLAM (результаты проектов SIGMA и SIGMA-RBK)". 12 - 13 июля 2017. Москва.
 141. Плотников Д.Е. Глобальное и национальное картографирование сельскохозяйственных земель на основе данных ДЗЗ // Международной конференции-семинара "Перспективы развития спутникового мониторинга сельского хозяйства с использованием автоматизированных методов и информационных технологий глобального спутникового мониторинга сельского хозяйства в поддержку программы GEOGLAM (результаты проектов SIGMA и SIGMA-RBK)". 12 - 13 июля 2017. Москва.
 142. Бурцев М.А., Толпин В.А., Уваров И.А., Береза О.В., Василенко Е.В., Вирченко О.В. Опыт создания и перспективы развития специализированной информационной системы «Вега-Агрометеоролог // Международной конференции-семинара "Перспективы развития спутникового мониторинга сельского хозяйства с использованием автоматизированных методов и информационных технологий глобального спутникового мониторинга сельского хозяйства в поддержку программы GEOGLAM (результаты проектов SIGMA и SIGMA-RBK)". 12 - 13 июля 2017. Москва.
 143. Толпин В.А. Данные и инструменты VEGA // Международной конференции-семинара "Перспективы развития спутникового мониторинга сельского хозяйства с использованием автоматизированных методов и информационных технологий глобального спутникового мониторинга сельского хозяйства в поддержку программы GEOGLAM (результаты проектов SIGMA и SIGMA-RBK)". 12 - 13 июля 2017. Москва.

144. Елкина Е.С. Некоторые применения сервиса ВЕГА // Международной конференции-семинара "Перспективы развития спутникового мониторинга сельского хозяйства с использованием автоматизированных методов и информационных технологий глобального спутникового мониторинга сельского хозяйства в поддержку программы GEOGLAM (результаты проектов SIGMA и SIGMA-RBK)". 12 - 13 июля 2017. Москва.
145. Барталев С.А. Основы сервиса ВЕГА // Международной конференции-семинара "Перспективы развития спутникового мониторинга сельского хозяйства с использованием автоматизированных методов и информационных технологий глобального спутникового мониторинга сельского хозяйства в поддержку программы GEOGLAM (результаты проектов SIGMA и SIGMA-RBK)". 12 - 13 июля 2017. Москва.
146. Елкина С.А. Возможности спутникового сервиса ВЕГА для мониторинга сельскохозяйственных земель // Международной конференции-семинара "Перспективы развития спутникового мониторинга сельского хозяйства с использованием автоматизированных методов и информационных технологий глобального спутникового мониторинга сельского хозяйства в поддержку программы GEOGLAM (результаты проектов SIGMA и SIGMA-RBK)". 12 - 13 июля 2017. Москва.
147. Лупян Е.А. Организация распределенной работы со спутниковыми данными для решения гидрометеорологических задач (современные российские технологии) // Круглый стол на тему "Гидрометеорология, взгляд из космоса" Международного форума "Армия-2017". 23 августа 2017 г. Кубинка-1.
148. Bartalev S.A. Forest mapping and monitoring in Russia using EO data: R&D activity overview // Final GlobBiomass User Consultation Meeting. 11-13 September 2017. FAO-Rome. Italy.
149. Bartalev S.A., Loupian E.A. Long-term country-wide monitoring of land cover and wildfires using Earth observations for climate change research in Russia // The 3rd Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Science Conference. 19-22 September 2017. Moscow.
150. Bartalev S.A., Loupian E.A., Tolpin V.A. and Elkina E.S. Web-based Earth Observation data analysis system VEGA-GEOGLAM in support of global agricultural monitoring research and developments // International conference "Global Challenges and Data-Driven Science". 8-13 October 2017 г. Sankt-Peterburg.
151. Development of Earth remote sensing data analysis tools for very large distributed data archives // International conference "Global Challenges and Data-Driven Science". 8-13 October 2017 г. Sankt-Peterburg.
152. Лупян Е.А., Прошин А.А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // II Всероссийская конференция "Центры коллективного пользования и уникальные научные установки организаций, подведомственных ФАНО России". 25-27 октября 2017, ФАНО России, Москва.
153. *Alekseeva T.A., Sokolova Yu.V., Frolov S.V., Tikhonov V.V., Repina I.A., Raev M.D.* Comparison of Ice Concentration Obtained from Microwave Satellite and Derived by Three Algorithms with Shipborne Sea Ice Data // 8th Asia/Oceania Meteorological Satellite Users' Conference (AOMSUC-8). Russia, Vladivostok city, Russky Island, Far Eastern Federal University, 18–20 October 2017. Abstracts S7-1.
154. *Esposito F., Molfese C., Cozzolino F., Cortecchia F., Saggin B., Scaccabarozzi D., Arruego Rodríguez I., Martín Ortega Rico A., Ismael Traseira Rodríguez, Schipani P., Silvestro S., Popa C.I., Zakharov A., Dolnikov G., Lyash A., Kuznetsov I.* Characterisation of Dust Suspended in the Atmosphere of Mars: The Dust Suite — Micromed Sensor for the Exomars 2020 Mission // 8th Moscow Solar System Symposium 8M-S3: abstract book. Space Research Institute, Moscow, Russia, October 9–13. 2017. 8MS3-IM-12. P. 178–179.

155. *Khatuntsev I.V., Patsaeva M.V., Titov D.V., Ignatiev N.I., Turin A.V., Fedorova A.A.* Cloud level circulation according to UV and near-IR VMC imaging onboard Venus Express // Venera-D Modeling workshop. IKI, Moscow, Russia, October 5–7, 2017.
156. *Krayushkin E.V.* Results of Oceanographic Experiments Held in 2014–2016 in the Southeastern Part of the Baltic Sea // 2017 ESA Baltic Sea Workshop. Helsinki, Finland 29–31 March 2017/ <http://eo4baltic.info/>.
157. *Krayushkin E.V., Lavrova O.Y., Nazirova K.R.* Vortex structures in the southeastern part of the Baltic Sea: results of oceanographic experiments and satellite observations // Abstr. Book SPIE Remote Sensing Symposium. 2017. P. 18–19. 1–12 September 2017, Warsaw, Poland. URL: www.spie.org/rs (*С поддержкой РФФ*).
158. *Lavrova O.Yu.* Detecting and Monitoring Marine Zones of Ecological Risk by Satellite Remote Sensing Data // 2017 ESA Baltic Sea Workshop. Helsinki, Finland 29–31 March 2017.
159. *Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Bocharova T.Yu., Kostianoy A.G.* Long-term monitoring of sea ice conditions in the Kerch Strait by remote sensing data // Abstr. Book SPIE Remote Sensing Symposium 2017. P. 10. 11–12 September 2017, Warsaw, Poland. URL: www.spie.org/rs (*С поддержкой РФФ, Мониторинг*).
160. *Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Kostianoy A.G., Stochkov M.A.* Satellite Monitoring of the Black Sea Ecological Risk Areas // 7th International Symposium of Ecologists, Sutomore, Montenegro. October 4–7 2017. http://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_18294/objava_7/fajlovi/ISEM7_Book_of_Abstracts.pdf (*С поддержкой РФФ*).
161. *Mityagina M., Lavrova O.* Main Patterns of the Black Sea Surface Oil Pollution // 13th MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation (MEDCOAST 17). 31 Oct. – 4 Nov. 2017, Mellieha, Malta. <https://conference.medcoast.net/modul/index/menu/Accepted-Abstracts/14>
162. *Mityagina M.I., Lavrova O.Yu.* Multi-sensor satellite survey of natural oil slicks in the southeastern Black Sea // Abstr. Book SPIE Remote Sensing Symposium 2017. P. 15. 11–12 September 2017, Warsaw, Poland. URL: www.spie.org/rs (*С поддержкой РФФ*).
163. *Nazirova K., Lavrova O.* Investigation of Rhone River Plume Based on Satellite Data // Proc. 13th International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation / ed. E. Ozhar. 31 Oct. – 4 Nov. 2017, Mellieha, Malta. 2017. V. 2. P. 1083–1090. <https://conference.medcoast.net/modul/index/menu/Accepted-Abstracts/14>) (Web of Sciences, Scopus) (*С поддержкой РФФ*).
164. *Sergievskaya I., Ermakov S., Lazareva T., Lavrova O.* Damping of surface waves due to oil emulsions in application to ocean remote sensing // SPIE 10422, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2017. Warsaw, Poland, 11–14 September 2017.
165. *Sterlyadkin V.V., Pashinov E.V., Kuzmin A.V., Sharkov E.A.* Reconstruction of Water Vapor Profile in the Lower Troposphere by Differential Radiometric Measurements from Satellites // Progress in Electromagnetics Research Symposium, PIERS, 2017. St. Petersburg, Russia, 22–25 May 2017. Abstracts. P. 323. URL: www.piers.org, www.emacademy.org
166. *Uvarov I.A., Lavrova O.Yu., Loupian E.A., Mityagina M.I., Kashnizky A.V.* Capabilities of the “See the Sea” Information System for Monitoring and Study of the Phenomena on the Sea Surface // 8th Asia/Oceania Meteorological Satellite Users’ Conference. 16–21 October 2017, Vladivostok, Russia http://aomsuc8.ntsomz.ru/wp-content/uploads/2017/10/AOMSUC-8_Agenda_conference_v6.pdf. (*С поддержкой РФФ, Мониторинг*).
167. *Vanina-Dart L.* Quasi Simultaneous Tropical Cyclone and Earthquake Action on the Ionosphere // Abstr. Book Fourth Swarm Science Meeting and Geodetic Missions Workshop.

2017. 20–24 March, Banff, Alberta, Canada. P. 67, URL: <http://old.esaconferencebureau.com/docs/default-source/17c04-docs/abstract-book-nbsp-.pdf?sfvrsn=0>
168. **Vanina-Dart L.** The “Multi-hazard” effect of Tropical cyclones // EMS Annual Meeting: European Conference for Applied Meteorology and Climatology 2017. 4–8 September, Dublin, Ireland. URL: <https://www.ems2017.eu/ems2017-programme-book.pdf>
169. **Vanina-Dart L.** The “Multi-hazard” Effect of Tropical Cyclones in the SW Pacific and South Indians Oceans // Programme Book the Eighth Asia/Oceania Meteorological Satellite Users’ Conference 2017. 18–20 October, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russky Island, Russia. P. 13. URL: http://aomsuc8.ntsomz.ru/wp-content/uploads/2017/08/S5-13_Vanina-Dart.pdf
170. **Vanina-Dart L.** The effect of tropical cyclones on coastal ocean and atmosphere interaction // Abstr. EMS Annual Meeting: European Conference for Applied Meteorology and Climatology 2017. 4–8 September, Dublin, Ireland. V. 14. EMS2017-738-1. Programme book, p. 32. URL: <https://www.ems2017.eu/ems2017-programme-book.pdf>
171. **Vanina-Dart L., Sharkov E.** Tropical Cyclones Above Australia During Last 12 Years // Abstr. Book North-American CryoSat Science Meeting, 2017. 20–24 March, Banff, Alberta, Canada. P. 47. URL: <http://www.cryosat2017.org>
172. **Vanina-Dart L., Sharkov E., Dart T.** The Ionosphere-Atmosphere Interaction above Australia during Tropical Cyclone Actions // Programme Book the Eighth Asia/Oceania Meteorological Satellite Users’ Conference 2017. 18–20 October, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russky Island, Russia. P. 19. URL: http://aomsuc8.ntsomz.ru/wp-content/uploads/2017/08/P-19_Vanina-Dart.pdf
173. **Zakharov A.V., Dolnikov G.G., Kuznetsov I.A., Afonin V.V., Lyash A.N., Seran E., Godefroy M., Hess S.L.G., Cipriani F., Barke V.N., Shashkova I.A., Yakovlev A.V., Venkstern A.A., Petrov O.F., Lisin E.A., Popel S.I., Borisov N.D., Bednyakov S.A., Duxbury N.S.** Investigation of lunar dusty exosphere during the future Russian lunar missions // The Dust, Atmosphere and Plasma environment of the Moon and Small Bodies (DAP-2017). January 11–13, 2017, Boulder, CO.
174. **Алексеева Т.А., Соколова Ю.В., Фролов С.В., Афанасьева Е.В., Тихонов В.В., Ретина И.А., Раев М.Д.** Сравнительный анализ сплочённости ледяного покрова, полученной по данным спутниковой микроволновой радиометрии, с данными судовых наблюдений и со спутниковыми данными в видимом, инфракрасном и радиолокационном диапазонах // 15-я Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. 2017, 13–17 ноября, Москва, ИКИ РАН. С. 243.
175. **Ванина-Дарт Л.Б.** Эффект мультикатастрофичности тропического циклона // 15-я Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. 2017, 13–17 ноября, Москва, ИКИ РАН. С. 443. Программа, с. 30. URL: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=144andthesis=6461
176. **Ванина-Дарт Л.Б., Шарков Е.А.** Влияние эффекта Эль-Ниньо на поведение тропических циклонов в южном полушарии циклона // 15-я Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. 2017, 13–17 ноября, Москва, ИКИ РАН. С. 444. Программа, с. 70. URL: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=144andthesis=6457
177. **Краюшкин Е.В., Лаерова О.Ю., Назирова К.Р., Соловьев Д.М.** Результаты подспутниковых океанографических экспериментов в юго-восточной части Балтийского моря в период 2014-2017 гг. // 15-я Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН, 13–17 ноября 2017. С. 283. http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/books/2017/index.htm

178. **Кузьмин А.В., Пашинов Е.В., Садовский И.Н., Сазонов Д.С., Стерлядкин В.В., Хапин Ю.Б., Шарков Е.А.** Научная аппаратура космического эксперимента «Конвергенция» на РС МКС // 15-я открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН. 13–17 нояб. 2017. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 497.
179. **Лаврова О.Ю.** Выявление и мониторинг зон экологического риска морских акваторий на основе спутниковой информации // Материалы 8-й международной Школы-семинара «Спутниковые методы и системы исследования Земли». Таруса, 3–7 апреля 2017. URL: http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2017.html (С поддержкой РНФ).
180. **Лаврова О.Ю.** Использование спутниковых данных для выявления и мониторинга зон экологического риска морских акваторий // 13-я Международная научная конференция «Экологические и природоохранные проблемы современного общества и пути их решения». Московский университет имени С.Ю. Витте, Москва, 30 марта 2017.
181. **Лаврова О.Ю., Соловьев Д.М., Строчков М.А.** Пространственно-временная изменчивость проявления плумов рек, впадающих в восточную часть Чёрного моря // 15-я Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. 2017, 13–17 ноября, Москва, ИКИ РАН. С. 285. http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/books/2017/index.htm
182. **Лаврова О.Ю., Строчков А.Я., Назирова К.Р.** Определение влияния различных гидрометеорологических факторов на распространение «нефтяного» пятна в Лионском заливе по трём последовательным спутниковым изображениям // 15-я Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. 2017, 13–17 ноября, Москва, ИКИ РАН. С. 286. (С поддержкой РНФ). http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/books/2017/index.htm
183. **Митягина М.И.** Нефтяные загрязнения морской поверхности в результате естественных выходов углеводородов с морского дна: спутниковые наблюдения // Материалы 8-й международной Школы-семинара «Спутниковые методы и системы исследования Земли». Таруса, 3–7 апреля 2017. URL: http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2017.html (С поддержкой РНФ).
184. **Назирова К.Р., Лаврова О.Ю., Соловьев Д.М.** Исследование изменчивости речного плюма р. Роны на основе данных дистанционного зондирования и измерений in-situ // 15-я Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. 2017, 13–17 ноября, Москва, ИКИ РАН. С. 294. http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/books/2017/index.htm
185. **Пацаева М.В., Хатунцев И.В., Тюрин А.В., Засова Л.В.** Зависимость скорости ветра в верхнем облачном слое Венеры от топографии и местного времени по данным VMC/Venus Express // Конференция-семинар. Апатиты, 2017.
186. **Пашинов Е.В., Стерлядкин В.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А.** Дифференциальные микроволновые измерения профиля водяного пара атмосферы над взволнованной поверхностью океана // 14-я Конференция молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования», посвящённая Дню космонавтики: тез. докл. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 93.
187. **Пашинов Е.В., Стерлядкин В.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А.** Измерение интегральных характеристик атмосферы в проекте КЭ «Конвергенция» // 15-я открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН. 13–17 нояб. 2017. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 498.
188. **Романов А.Н., Хвостов И.В., Кобелев В.О., Печкин А.С., Тихонов В.В.** К разработке дистанционных радиофизических критериев оценки гидролого-климатических изменений в Арктике // 15-я Всероссийская открытая конференция

- «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. 2017, 13–17 ноября, Москва, ИКИ РАН. С. 214.
189. **Садовский И.Н., Сазонов Д.С.** Определение модуля скорости приповерхностного ветра по данным многочастотного радиометра-спектрометра МИРС // 15-я открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН. 13–17 нояб. 2017. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 501.
190. **Садовский И.Н., Сазонов Д.С.** Применение нейронной сети в задаче восстановления спектра ветровых гравитационно-капиллярных волн // 15-я открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН. 13–17 нояб. 2017. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 57.
191. **Сазонов Д.С.** Азимутальная изменчивость радиоизлучения взволнованной водной поверхности на основе измерений в микроволновом диапазоне // 15-я открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН. 13–17 нояб. 2017. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 301.
192. **Сазонов Д.С.** Алгоритм определения интегральной интенсивности осадков по спутниковым измерениям в микроволновом диапазоне // 15-я открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН. 13–17 нояб. 2017. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 502.
193. **Сазонов Д.С.** Моделирование радиоизлучения взволнованной водной поверхности в микроволновом диапазоне // 14-я Конференция молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования», посвящённая Дню космонавтики: тез. докл. М.: ИКИ РАН, 2017.
194. **Сазонов Д.С.** Регрессионная модель пространственного микроволнового радиоизлучения от граничного слоя океан-атмосфера // 15-я открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН. 13–17 нояб. 2017. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 58.
195. **Селунский А.Б., Кузьмин А.В., Пашинов Е.В., Стерлядкин В.В., Хохлова А.В.** Восстановление профилей температуры и влажности тропосферы методом нейронных сетей // 15-я открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН. 13–17 нояб. 2017. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 503.
196. **Стерлядкин В.В., Пашинов Е.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А.** Температурно-влажностное зондирование атмосферы в проекте КЭ «Конвергенция» // 15-я открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН. 13–17 нояб. 2017. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 504.
197. **Стерлядкин В.В., Сазонов Д.С., Пашинов Е.В., Кузьмин А.В.** Описание алгоритма определения направления поверхностного ветра по радиометрическим измерениям из космоса // 15-я открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, ИКИ РАН. 13–17 нояб. 2017. М.: ИКИ РАН, 2017. С. 505.
198. **Тихонов В.В., Раев М.Д., Шарков Е.А., Боярский Д.А., Смирнов М.Т., Комарова Н.Ю.** Модель собственного микроволнового излучения ледового щита Антарктиды // 15-я Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. 2017, 13–17 ноября, Москва, ИКИ РАН. С. 315.
199. **Тихонов В.В., Хвостов И.В., Романов А.Н., Шарков Е.А.** Анализ ледовой обстановки крупных пресноводных озёр по данным SMOS // 15-я Всероссийская

- открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. 2017, 13–17 ноября, Москва, ИКИ РАН. С. 316.
200. *Хатунцев И.В., Пацаева М.В., Игнатьев Н.И., Тюрин А.В.* Циркуляция мезосферы Венеры по результатам многолетних наблюдений VMC в УФ и ближнем ИК диапазоне с борта Venus Express // Конференция-семинар. Апатиты, 2017.
201. *Арумов Г.П., Бухарин А.В.* Использование параметров, описывающих трансформацию пучка, в задаче определения поперечных сечений для несферических частиц. Четырнадцатая международная научно-техническая конференция, «Оптические методы исследования потоков», Москва, МЭИ, 26 – 30 июня 2017 г. Приглашенный доклад.
202. *Арумов Г. П., Бухарин А. В.* "Использование методов фотометрии в задаче определения ненормализованных моментов для поперечных сечений частиц". Тезисы пятнадцатой Всероссийской открытой ежегодной конференции «Дистанционное зондирование Земли из космоса» (Дистанционные методы исследования атмосферных и климатических процессов). ИКИ РАН. 13-17 ноября 2017 год. Москва.
203. *Кудашев Е.Б., Каленова Н.И., Яблоник Л.Р.* Измерение турбулентных спектров пристеночных пульсаций давления при воздействии температурной помехи // Пятая Открытая Всероссийская (XVII научно-техническая) конференции по аэроакустике. М: ЦАГИ ("Центральный аэрогидро-динамический институт им. Н.Е. Жуковского"), 2017/
204. *Kudashev E., Kolyshnitsyn V., and Marshov V.* Turbulent flow noise: Experiment in deep sea. - Принята к печати: The Proceedings of the Conference «Turbulence and wave processes», dedicated to the centenary of Mikhail D. Millionshchikov. The Volume of the Conference Proceedings will be published in the Journal of Physics: Conference Series (JPCS), by IOPscience, UK. <http://iopscience.iop.org/>
205. *Кудашев Е.Б.* Турбулентные спектры и шумы обтекания в турбулентном пограничном слое // «Акустика океана». Доклады XV Школы-семинара им. акад. Л.М. Бреховских. С. 329-334. - Российская академия наук, Институт Океанологии им. П.П. Ширшова. М.: ГЕОС, 2016. <http://www.ocean.ru/content/view/2203/133/>
206. *Ерохин Н.С., Михайловская Л.А., Зольникова Н.Н., Артеха С.Н.* Малопараметрическая модель тропического циклогенеза для короткопериодных вариаций фоновой обстановки в активном сезоне, Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", 13 - 17 ноября 2017 г., г. Москва, ИКИ РАН.
207. *Суслов А.И., Ерохин Н.С., Михайловская Л.А., Зольникова Н.Н., Артеха С.Н.* Анализ возможностей волноводного распространения ВГВ в атмосфере с зональными ветровыми потоками // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", 13 - 17 ноября 2017 г., г. Москва, ИКИ РАН.
208. *Левина Г.В.* О возможности различить две стадии эволюции тропических циклонов – зарождение и усиление - с помощью анализа спиральных характеристик поля скорости // Пятнадцатая Всероссийская Открытая ежегодная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН. 13-17 ноября 2017 г. тезисы.
209. *Левина Г.В., Зарипов Р.Б.* Облако-разрешающее численное моделирование глубокой конвекции при образовании квазитропического циклона над Черным морем // Пятнадцатая Всероссийская Открытая ежегодная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН. 13-17 ноября 2017 г. тезисы.
210. *Сячинов В.И.* "Определение яркости океана и оптических параметров атмосферы с ИСЗ". // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Москва. ИКИ РАН, 13-17 ноября 2017. Сборник тезисов, 2017. С. 225.

- http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=144&thesis=6203
211. *Втюрин С.А., Князев Н.А.* "Сравнительный анализ признаков изображения для выбора алгоритма оперативного автоматического распознавания облачности на борту космического аппарата" // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Москва. ИКИ РАН, 13-17 ноября 2017. Сборник тезисов конференции, 2017. С. 15. http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=144&thesis=6267
212. *Городецкий А.К.* "Состояние и излучательная способность взволнованной морской поверхности". // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Москва. ИКИ РАН, 13-17 ноября 2017. Сборник тезисов конференции, 2017. С. 255. http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=144&thesis=6004
213. **Золотарёв В. В.** Характеристики блочного алгоритма Витерби для спутниковых каналов связи. Конференция по ДЗЗ в ИКИ РАН, М., 2017. Тезисы докладов.
214. **Золотарёв В. В.** Оптимизационная теория: новый этап развития помехоустойчивого кодирования. Конференция по ДЗЗ в ИКИ РАН, М., 2017. Тезисы докладов.
215. **Valeriy Zolotarev, Gennady Ovechkin, Pavel Ovechkin, Eldor Egamberdiyev** Usage of Divergence Within Concatenated Multithreshold Decoding Convolutional Codes. Proceedings of the Conference "Advances in Wireless and Optical Communications, Riga, 2017.
216. *Золотарев В.В., Овечкин Г.В., Баринов И.В.* Применение самоорто-гональных кодов в каскадных схемах кодирования для каналов связи со стираниями // 19-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA-2017», Москва, Россия, Доклады. Выпуск XIX; Том 1. – М.: РНТОРЭС им. А.С.Попова, 2017. С. 75-79.
217. **Zolotarev V.V., Ovechkin G.V., Ovechkin P.V.** Modified Viterbi Algorithm for Decoding of Block Codes Proc: 6thMediterranean Conference on Embedded Computing MECO'2017, Bar, Montenegro

Патенты

218. *Золотарёв В.В., Овечкин П.В.* Способ кодирования и декодирования блочного кода с использованием алгоритма Витерби. // Патент РФ №2608872 от 25.01.2017 г.
219. *Золотарёв В.В.* Способ обнаружения и исправления стираний при приеме дискретной информации. Патент РФ №2611235 от 21.02.2017 г.
220. *Золотарев В.В., Овечкин Г.В., Сатыбалдина Д.Ж., Ташатов Н.Н., Адамова А.Д.* Способ мягкого многопорогового декодирования помехоустойчивого кода. Зарубежный патент на изобретение (удостоверение автора) №93989 (Республика Казахстан). Приоритет от 15.10.2014 г. (получен в феврале 2017 г).
221. *Луян Е.А., Балашов И.В., Сенько К.С.* "SmisDBDeforestations" Программное обеспечение для ведения базы данных результатов обработки спутниковой информации, предназначенной для мониторинга изменения состояния лесных ресурсов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017662935, регистрация 21 ноября 2017.