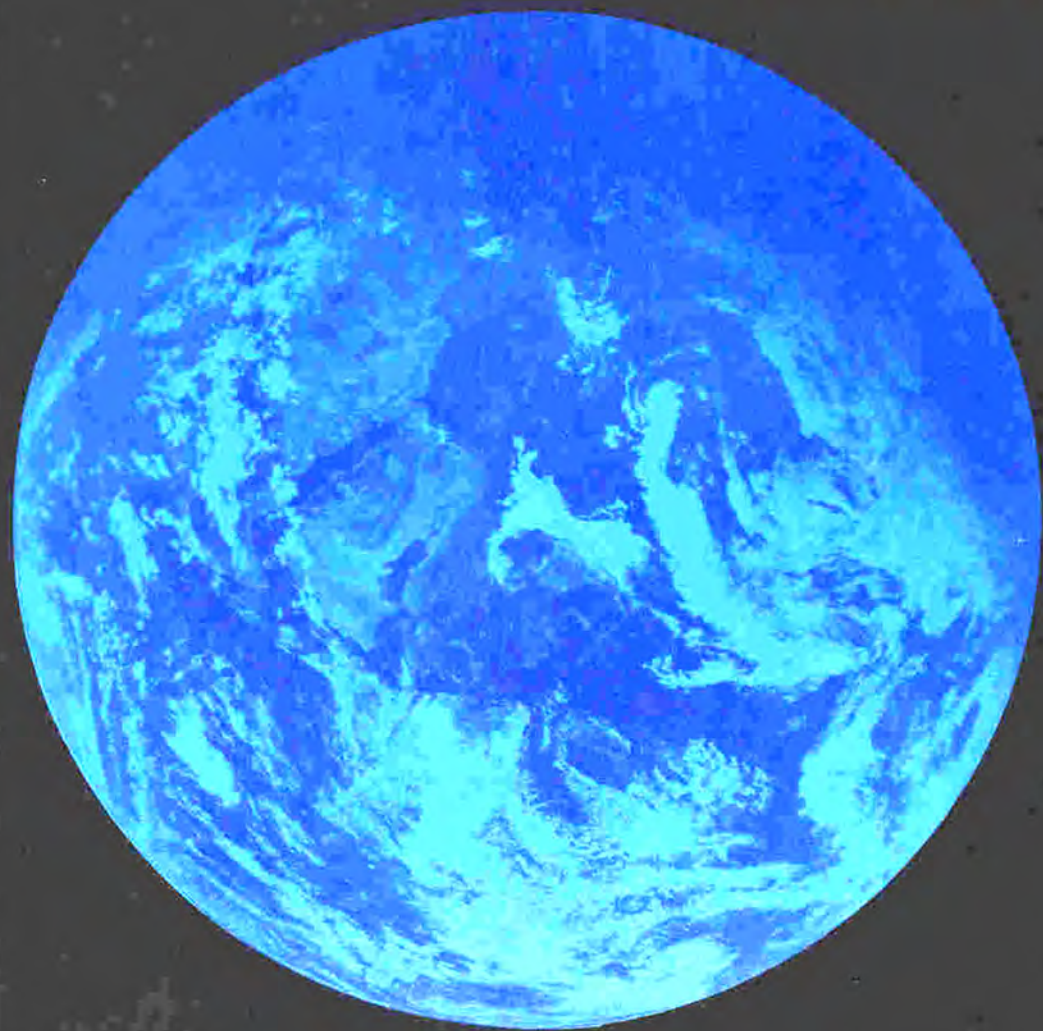


ISSN 0205-9614

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



ИССЛЕДОВАНИЕ  
**ЗЕМЛИ**  
ИЗ КОСМОСА

5 \* 1996

УДК 551.511.61

© 1996 г. В.М. БАЛЕБАНОВ, С.С. МОИСЕЕВ, Е.А. ШАРКОВ,  
Е.А. ЛУПЯН, А.И. КАЛМЫКОВ, А.И. ЗАБЫШНЫЙ, А.К. КУЗЬМИН,  
Н.К. СМЕРНОВ, В.Н. ЦЫМБАЛ, К.Н. ЧИКОВ

### ПРОЕКТ "ГЕЛИКС": КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СИСТЕМЫ ОКЕАН – ТРОПОСФЕРА – ВЕРХНЯЯ АТМОСФЕРА В УСЛОВИЯХ КРУПНОМАСШТАБНОГО КРИЗИСНОГО СОСТОЯНИЯ

Кратко описана концепция проекта "Геликс". Исследования кинематических, термодинамических и электродинамических связей между элементами системы океан – тропосфера – верхняя атмосфера в кризисных состояниях выполняются с помощью экспериментального КА (или системы малых КА), оснащенного радиолокационной, доплеровской, радиотепловой, ИК и специальной оптической аппаратурой. Описаны состав, предварительные характеристики комплекса, основные положения методологии планирования эксперимента.

**Введение.** В последние годы заметно усилился интерес к исследованиям физических причин возникновения природных катастроф и в первую очередь – атмосферных крупномасштабных кризисных явлений типа тропических и внетропических циклонов (ТЦ и ВТЦ) [1, 2]. В целом ряде перспективных космических программ эти исследования фигурируют в качестве основных направлений [3–6], что связано, с одной стороны, с появлением первых обнадеживающих теоретических результатов в проблеме генерации когерентных структур из природного турбулентного хаоса (см., например, [7–10]). Эти результаты стимулировали проведение целого ряда подспутниковых измерений по различным экспериментальным методикам, а также разработку новых подходов к обработке данных стандартных космических наблюдений с помощью новых процедур [11–14].

С другой стороны, в течение ряда последних лет с помощью аэрокосмических и наземных средств были получены надежные экспериментальные свидетельства в пользу концепции, рассматривающей взаимодействие геофизических процессов различной природы с кризисными состояниями атмосферы. Эти результаты были получены в космических экспериментах по наблюдению за состоянием океанической поверхности в зонах действия ТЦ [15, 16], по выявлению взаимодействия ТЦ с озоносферой и ионосферой [17, 18], а также в экспериментах по регистрации мощных акустогравитационных волн, излучаемых кризисными зонами [19], и их влияния на состояние верхней атмосферы [20–22]. Кроме того, получены предварительные результаты о воздействии внешних факторов (магнитосферной и солнечной активности) на характеристики глобального циклогенеза [23–24].

Все это свидетельствует о необходимости рассмотрения крупномасштабного кризисного состояния как глобального явления, затрагивающего различные геофизические среды, начиная с океанической поверхности и тропосферы и кончая озоносферой и ионосферой. Таким образом, в перспективных проектах по изучению крупномасштабных катастроф должно быть предусмотрено проведение комплексных экспериментов с помощью приборов дистанционной диагностики, предназначенных для измерения характеристик различных геофизических сред (океаническая поверхность – приводный слой; тропосфера; стратосфера – озоновый слой; ионосфера).

Цель настоящей работы – представить изложение концепции проекта "Геликс" по исследованию крупномасштабных кризисных структур с помощью комплекса диагностической аппаратуры. Обсуждаемый ниже экспериментальный КА, по-видимому, может явиться первым из возможной серии специальных КА ("созвездия" КА), предназначенных для целенаправленных исследований кризисных атмосферных ситуаций и мониторинга окружающих геофизических сред.

Представляемая ниже концепция проекта "Геликс" носит, в известном смысле, предварительный, поисковый характер. Авторы надеются, что публичное изложение общей схемы проекта привлечет к нему внимание заинтересованных организаций и специалистов и позволит создать научную и техническую кооперацию (в том числе и международную) по его детальной проработке и реализации.

Сложность мониторинга кризисных атмосферных состояний и окружающих геофизических сред связана, в первую очередь, с многообразием масштабов процессов взаимодействия. Чтобы одновременно измерять параметры этих процессов, необходимо сочетание дистанционных методов и методов контактного зондирования объектов исследования. Так, например, в предложенном недавно проекте "Зодиак" [5], направленном на исследование детальных кинематических и термодинамических характеристик пространственно-ограниченных тропосферных зон в кризисных областях предполагается использовать совокупность контактных датчиков, доставляемых в исследуемую зону ракетно-космическими средствами. С точки зрения общей методологии исследования кризисных ситуаций, такие проекты (включая и рассматриваемый ниже) могут стать основными звеньями в комплексной стратегии изучения кризисных атмосферных состояний.

**Цель и задачи миссии "Геликс".** Основная цель миссии "Геликс" – исследования предкризисных термодинамических и кинематических состояний системы океан – атмосфера в интересах разработки и создания в будущем постоянно действующей космической системы обнаружения и оповещения о крупномасштабных вихревых атмосферных процессах кризисного характера.

Поставленная цель определяет конкретные научно-прикладные задачи.

1. Исследование пространственно-временной изменчивости и геометрической структуры границ полей конвективной облачности тропической атмосферы мезо- и макромасштабов.

2. Исследование пространственно-временной изменчивости высотного распределения турбулентного энергозапаса мезо- и макромасштабов в полях конвективной облачности.

3. Изучение процессов взаимодействия в системе океан–атмосфера в метастабильных зонах через их отражение на структуре морской поверхности, в том числе исследование загрязнений морской поверхности.

4. Исследование пространственно-временных вариаций полей влагосодержания, водозапаса и температурной стратификации тропической атмосферы, а также полей осадков над океанами.

5. Исследование пространственно-временных вариаций характеристик излучения ионизированных и нейтральных составляющих верхней атмосферы на основе анализа панорамных монохроматических изображений в видимом и УФ-диапазонах и их связи с динамическими процессами в нижележащей атмосфере.

**Научная концепция проекта.** Научная проблема в целом формулируется следующим образом: исследование возможностей дистанционного крупномасштабного мониторинга обратного спирального каскада в турбулентной вращающейся атмосфере как физического явления, ответственного за возникновение и развитие крупномасштабных кризисных экологических ситуаций.

Постановка данной физической проблемы базируется на теоретической концепции (концепция самоорганизации), впервые предложенной и разработанной в ИКИ РАН и получившей к настоящему времени международное признание (см., например, [7–10]).

Одной из наиболее разрушительных природных катастроф является тропический

циклон – мощный атмосферный вихрь, линии тока которого в горизонтальной и вертикальной плоскостях зацеплены между собой (т.е. вихрь спиральной структуры). К кризисным динамическим ситуациям в атмосфере относятся также циклоны умеренных широт, внетропические ураганы (“атмосферные бомбы”) средних и высоких широт и более мелкомасштабные явления – вихри типа торнадо.

Разработанный в ИКИ РАН физический механизм – крупномасштабное вихревое динамо в аэрогидродинамике – обеспечивает в условиях неустойчивой термической стратификации возможность принципиальной перестройки режима термоконвекции с возникновением крупномасштабных упорядоченных вихревых систем с нетривиальной топологической структурой линий тока.

Другими словами, за счет вращения Земли отдельные конвективные ячейки поля скорости совершают спиральное винтовое движение. Ансамбль таких ячеек имеет тенденцию к слиянию и образованию одной крупной спиральной ячейки – это и есть тайфун. Задача ранней дистанционной диагностики – зафиксировать начальный период этого слияния, когда поток энергии перекачивается от мелких ячеек к более крупным, а спиральность крупной ячейки также нарастает (так называемый обратный каскад в турбулентности).

Концепция анализа предкризисных состояний в атмосфере (типа ТЦ, ВТЦ, а также циклонов умеренных широт) в суммированной форме заключается в следующем [7–9, 13, 14]:

1) частичное упорядочение (регуляризация) мезомасштабных хаотизированных систем (со спиральной турбулентностью) при формировании и развитии крупномасштабных кризисных процессов. Это, в частности, проявляется на динамике геометрических характеристик кризисной области;

2) обратный спиральный каскад при переходе энергии от мелких масштабов к крупным, при этом спиральность системы благодаря “притяжению” мелких вихрей обеспечивает образование более крупных вихрей с большей устойчивостью. Этот процесс может носить как флуктуационный, так и когерентный характер (в последнем случае развивается крупномасштабная неустойчивость [7, 8]);

3) аномальное усиление волн различной природы в предкризисном состоянии – например, усиление инфразвука [19] и возбуждение электромагнитных всплесков;

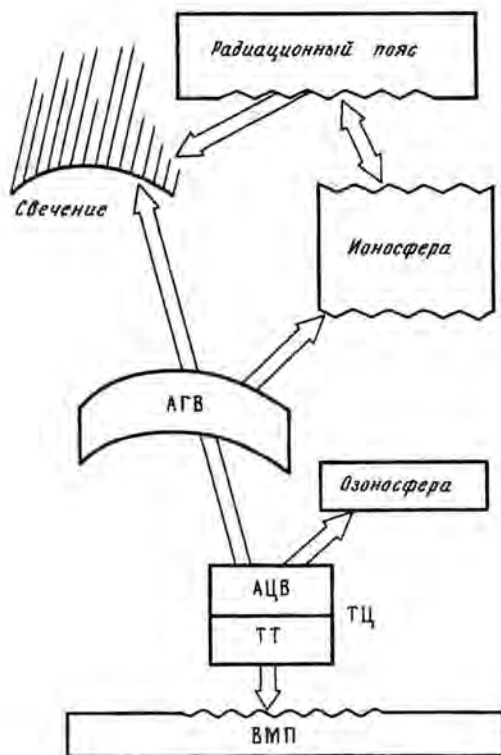
4) аномальное поведение примесей в предкризисных областях – в частности, изменение озонной компоненты.

Решение задач диффузии примесей в спиральной атмосфере указывает на изменение коэффициента диффузии, а также на резкую перестройку антисимметричной спиральной части тензора диффузии в предкризисных ситуациях и при возникновении крупномасштабных кинематических систем в спиральной атмосфере, что в свою очередь существенно трансформирует поля миграций примесей (в том числе химического и радиоактивного происхождения).

Важная особенность сформировавшегося тропического циклона – образование высотного (стратосферного) антициклонального “выброса”. Роль антициклональной циркуляции весьма существенна, поскольку обуславливает кинематическое и волновое воздействие ТЦ на стратосферные воздушные потоки, формирование траекторных особенностей движения ТЦ, а также влияния ТЦ на характеристики озоносферы, верхней атмосферы и ионосферы. Известно, что последние “откликаются” на мощные динамические тропосферные процессы изменениями фоноконтрастных особенностей поля интенсивности ночного свечения (в видимом и УФ-диапазонах) как ионизованных, так и нейтральных составляющих [20–22], а также в виде “высыпания” направленных потоков высокоэнергичных электронов из радиационных поясов [24].

Схематизированное представление взаимодействия ТЦ с различными геофизическими средами, изучаемого в рамках настоящего проекта, изображено на рисунке.

Итак, принимая во внимание рассматриваемый физический механизм, для контроля готовности атмосферы к генерации крупномасштабного вихря необходимо использовать измерения объемных кинематических характеристик турбулентного поля –



Схематизированное представление взаимодействия ТЦ с различными геофизическими средами (в рамках проекта "Геликс"). ТЦ – тропический циклон; ТТ – тропосферное тело; АЦВ – антициклональный (стратосферный) выброс; АГВ – акустогравитационные волны; ВМП – изволнированная морская поверхность

высотного и пространственного распределения турбулентного энергозапаса и спиральности; провести исследование структуры и фрактальных свойств ИК-изображений облачных полей. Целесообразно исследовать также состояния поверхности океана и пространственно-статистических свойств состояния глубокой конвекции, включая профили температуры и влажности, а также структурных особенностей волновых фронтов в атмосфере и их отражения на структуре морской поверхности.

Для контроля реакции верхней атмосферы необходимы синхронные измерения полей интенсивности свечения нейтральных и ионизованных составляющих верхней атмосферы.

Рассмотренная выше концепция, начало которой было положено при исследованиях тропической зоны, представляется нам полезной в качестве рабочей гипотезы при изучении предкризисных процессов в различных геофизических средах.

Таким образом, настоящая работа – это попытка с единых позиций подойти к анализу предкризисных состояний (и их последствий) с помощью дистанционных методов в различных природных средах.

**Состав наблюдений.** При выполнении экспериментов космического мониторинга предполагается проводить:

наблюдения теплового ИК-излучения тропической зоны Мирового океана для анализа структурных, текстурных и фрактальных свойств облачных полей;

измерения высотного распределения энергии турбулентности и фазового состава конвективных облачных систем с помощью доплеровского атмосферного 8-мм скаттерометра;

радиотепловое и радиолокационное картографирование и мониторинг состояния системы океан–атмосфера, включая определение термодинамических и влажностных характеристик атмосферы и состояния поверхности океана с помощью панорамного многоспектрального радиотеплового комплекса мм-диапазона длин волн;

панорамные спектрофотометрические наблюдения излучения эмиссий верхней атмосферы и ионосферы.

**Состав научной аппаратуры.** Экспериментальный комплекс проекта включает в себя следующий набор приборов для дистанционных измерений: тепловые ИК-камеры (система ТИК); доплеровский атмосферный скаттерометр (комплекс ДАС); ПАНорамный ТЕпловой РАдиометрический комплекс (комплекс ПАНТЕРА), включающий как радиометры "сплошного" спектра, так и радиометр–спектрометр; радиолокационная система бокового обзора (РЛС БО); диагностическая авроральная изображающая система (ДАИС) в видимом и УФ-диапазонах.

Ниже представлены краткие характеристики этих приборов дистанционной диагностики.

Тепловая ИК-камера будет проводить наблюдения теплового ИК-излучения облачных систем тропической зоны Мирового океана в диапазоне температур  $+5^{\circ}$  –  $-70^{\circ}\text{C}$ , с энергетической чувствительностью (в элементе разрешения)  $\approx 0,5$  К при пространственном разрешении  $\approx 1$  км и шириной обзора 1500–2000 км.

Комплекс ДАС будет регистрировать мощность, доплеровское смещение частоты и ширину спектра сигнала, рассеянного капельно-облачными образованиями атмосферы и земной поверхности по трассе зондирования [25]. Из первичной информации о вертикальных профилях распределения параметров (разрешение по высоте  $\sim 1$  км) методом решения обратной задачи будут находиться высотные профили распределения энергии мезомасштабной турбулентности и фазового состава облачных систем атмосферы. Анализ распределения энергии турбулентности позволит локализовать аномалии, связанные с кризисными явлениями в атмосфере. Наблюдения проводятся в надире; длина волны 8 мм, разрешение по дальности (по высоте) 1 км, частота посылок 15 кГц, ширина диаграммы направленности  $0,2^{\circ}$ . Комплекс ДАС включает блок приема-передатчика, блок питания, антенную систему и блок обработки и управления общей массой 100 кг. Общая информативность комплекса – 1 байт/с.

Комплекс ПАНТЕРА осуществляет радиотепловое картографирование системы океан–атмосфера. Радиометр (19 каналов) производит двухполяризационный прием радиотеплового излучения на длинах волн 16,7; 14,3; 12,5; 13,5 мм (линия водяного пара); 9,6; 8,1 и 3,1 мм, а также спектральные измерения в линии поглощения кислорода – 2,53 мм. Совмещение во времени и пространстве спектральных и поляризационных видов измерений достигается путем использования многочастотного антенного облучателя. Флуктуационная чувствительность радиометрических каналов составляет 0,03–0,05 К при постоянной времени интегрирования 1 с, чувствительность на элемент разрешения – 0,4–1,2 К, пространственное разрешение – 3–10 км (в зависимости от рабочей длины волны канала); масса аппаратуры не более 110 кг, диаметр антенного зеркала 1,8 м, потребляемая мощность 450 Вт, поток информации не более 0,4 Мбит/с.

Комплекс РЛС БО осуществляет радиолокационное картографирование системы океан–атмосфера. Рабочая длина волны 3 см, поляризация вертикальная, пространственное разрешение 1–2 км, поле обзора 500–550 км; масса аппаратуры 160 кг, общая потребляемая мощность 1,6 кВт, габаритные размеры всего комплекса 1 м<sup>3</sup>.

Система ДАИС позволяет регистрировать мгновенные пространственные распределения интенсивности конкретных выбранных эмиссий ионизованных и нейтральных составляющих верхней атмосферы, возбуждаемых как энергичными электронами, высыпаящимися из магнитосферы, так и акустическими и гравитационными волнами из тропосферы. Общее поле зрения камеры  $\approx 166^{\circ}$ ; время экспозиции одного изображения  $\approx 0,1$ – $1,0$  с; пространственное разрешение  $\approx 1$ – $8$  км (при наблюдении в надире);

**Обобщенные характеристики комплексов проекта "Геликс"**

№	Научные комплексы	Масса, кг	Мощность, кг	Темп сброса	Основная научная задача комплекса	КА, требования к параметрам орбиты
1	Система ТИК	5	20	1 Мб/с	Структура и текстура облачных систем	$h = 300-400$ км $\theta = 35-60^\circ$
2	Комплекс ПАНТЕРА	100	450	0,4 Мб/с	Термодинамика атмосферы	
3	Комплекс ДАС	100	600	1 кб/с	Турбулентность атмосферы (тропосферы)	
4	Комплекс РЛС БО	160	1600		Взаимодействие океан-атмосфера	
5	Система ДАИС	50	50	2-4 Мб/с	Свечение верхней атмосферы	

*Примечание.* Приведенные характеристики научных комплексов являются предварительными.

общая масса и энергопотребление составляют соответственно  $\approx 50$  кг и  $\approx 50$  Вт [26, 27]; общая информативность системы, определяемая количеством изображающих камер (не более 4-х), циклограммой съема изображений и коэффициентом сжатия данных перед передачей на Землю, не превышает нескольких Мбит/с.

Обобщенные характеристики научной аппаратуры приведены в таблице.

**Требования к КА.** Оптимальными для решения изложенных выше задач являются:

Высота орбиты (круговая), км	300-400
Наклонение орбиты к плоскости экватора, град	35-65
Ориентация	местный надир
Временная привязка, мкс	не хуже 1
Срок активного существования, лет	не менее 2
Точность трехосной стабилизации аппарата, град	0,05
Энергопотребление (научная аппаратура), Вт	2400
Общая масса научной аппаратуры, кг	400

**Наземный комплекс приема и обработки.** Комплекс должен организовать получение сбрасываемой с КА информации (по каналу 1,7 ГГц), а также обратную связь – передачу команд управления при выполнении наблюдений. Комплекс обеспечивает:

- выбор режима работы и выдачу команд на управление ходом эксперимента;
- проведение калибровок и выдачу команд на управление периферийной аппаратурой;
- первичную обработку информации по мере ее поступления;
- оперативный вывод контрольной информации о ходе эксперимента по мере ее поступления;
- накопление и регистрацию экспериментальных данных в течение всего срока проведения эксперимента.

Помимо основного пункта приема информации сегодня возможна организация приема данных в региональных центрах, а также организация сервисов в INTERNET по распространению данных для их комплексной обработки в различных научных центрах [28, 29].

**Международные аспекты проекта "Геликс".** Проект может войти составной

частью в ряд международных программ – например, "Эксперимент по изучению глобальной энергии и гидрологического цикла" (GEWEX) и "Система наблюдения Земли" (EOS), программы "Тропический океан и глобальная атмосфера" (TOGA), – обеспечивая при этом получение информации о мезомасштабных характеристиках взаимодействия в системе океан–атмосфера и о запасе турбулентной энергии атмосферы в энергоактивных зонах Мирового океана, а также о взаимодействии и взаимовлиянии в системе тропосфера–ионосфера–магнитосфера. Получение таких видов информации в других проектах не предусмотрено.

Учитывая важность исследований и возможный экономический эффект методики раннего прогноза катастрофических явлений в тропической атмосфере, основанной на информации с приборов космической миссии "Геликс", считаем целесообразным образовать международную региональную ассоциацию стран тропической зоны (Китай, Малазия, Филиппины, Япония, Вьетнам, Индия, Бангладеш и др.) по реализации проекта "Геликс".

**Практическое значение проекта.** Осуществление рассмотренных выше экспериментальных исследований и использование полученных результатов позволит:

получить уникальную информацию о распределении турбулентного энергозапаса в мезо- и макромасштабах в полях облачности различной физической природы (конвекция, фронтальные зоны, циклоны умеренных широт и другие метеообстановки);

осуществить синхронную регистрацию метастабильного состояния тропосферы и излучений верхней атмосферы;

сформировать уникальный банк данных о трехмерной структуре системы тропосфера–стратосфера–ионосфера в метастабильном состоянии, который в свою очередь позволит существенно уточнить физико-математические модели происходящих физических процессов;

предоставить информацию для верификации прогностических схем и методик на этапах возникновения возмущения; перехода в развитые структуры; на этапах резких изменений ("сломов") траектории движения ТЦ; диссипации и "втягивания" в циклоны умеренных широт ("самолокализация" и коллапс).

Технические и методические разработки, выполненные в рамках проекта, могут быть использованы для разработки глобальной системы обнаружения, контроля и ликвидации последствий стихийных бедствий в рамках государственной научно-технической программы "Безопасность" или международных программ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bryant E. Natural Hazards. Cambridge University Press., 1993. 294 p.
2. Emanuel K.A., Rotunno R. Polar Lows as Arctic Hurricanes // *Tellus*. 1989. V. 41A. № 1. P. 1–17.
3. Аванесов Г.А., Галеев А.А., Жуков Б.С. и др. Проект "Экос-А": научные космические исследования и построение моделей глобальных экологических и климатических процессов и природных кризисных ситуаций // *Исслед. Земля из космоса*. 1992. № 2. С. 3–14.
4. Бондур В.Г., Савин А.И. Концепция создания систем мониторинга окружающей среды в экологических и природно-ресурсных целях // *Исслед. Земли из космоса*. 1992. № 6. С. 70–78.
5. Аюфимов Н.А., Гордеев С.П., Сенкевич В.П. и др. Проект "Зодиак": контактное зондирование кризисных состояний атмосферы с помощью ракетно-космической техники // *Исслед. Земли из космоса*. 1995. № 2. С. 12–21.
6. Erokhin N.S., Moiseev S.S., Luyuan E.A. et al. Aerospace Block of Monitoring System for Terrestrial Natural and Technogenic Disasters // *Turkish Journal of Physics*. 1995. V. 19. № 8. P. 1087–1092.
7. Моисеев С.С., Руткевич П.Б., Тур А.В., Яновский В.В. Вихревое динамо в конвективной среде со спиральной турбулентностью // *ЖЭТФ*. 1988. Т. 94. № 2. С. 144–153.
8. Moiseev S.S. The Helical Mechanism of Generation of Large-scale Structures in Continuous media. *Nonlinear World* / Ed. by V.G. Bar'yakhtar et al. Singapore: World Scientific Publ., 1989. V. I. P. 541–560.
9. Altaisky M.V., Chkhetiani O.G., Moiseev S.S. On Kolmogorov and Helical Scaling in Turbulent Media. Preprint № Пр.-1930. М.: Space Research Institute RAS, 1995. 19 p.
10. Руткевич П.Б. Генерационные свойства конвективной турбулентности в поле силы Корнолиса. *ДАН*. 1994. Т. 334. № 1. С. 44–46.



11. Барышникова Ю.С., Заславский Г.М., Лупян Е.А. и др. Фрактальная размерность ИК-изображений облачности и свойства турбулентной атмосферы // Исслед. Земли из космоса. 1989. № 1. С. 17–26.
12. Клепиков И.Н., Покровская И.В., Шарков Е.А. Спутниковые и радиодистанционные исследования мезомасштабной атмосферной турбулентности в предтайфуновых ситуациях // Исслед. Земли из космоса. 1995. № 3. С. 13–24.
13. Зимин В.Д., Клепиков И.Н., Лазарев А.А. и др. Исследование крупномасштабных вихревых потоков экологически опасного характера в земной атмосфере // Исслед. Земли из космоса. 1992. № 1. С. 3–10.
14. Lazarev A.A., Moiseev S.S. Geophysical Precursors of Early States of Cyclogenesis. Preprint N Pr-1844. M.: Space Research Institute RAS. 1992. 42 p.
15. Калмыков А.И., Пичугин А.П., Цымбал В.Н., Шестопалов В.П. Радиофизические наблюдения из космоса мезомасштабных образований на поверхности океана. ДАН СССР. 1984. Т. 279. № 4. С. 860–862.
16. Радиолокация поверхности Земли из космоса / Под ред. Митника Л.М., Викторова С.В. Л.: Гидрометеониздат, 1990. 200 с.
17. Rodgers E., Stout J., Chang S. Tropical Cyclone – Upper Atmospheric Interaction as Inferred from Satellite Total Ozone Observations // Jour. Appl. Meteor. 1990. V. 29. N 9. P. 934–954.
18. Hiruma F., Tsuchiya K., Takenchi N. Features of Ozone Distribution Obtained from Nimbus-7 TOMS Data around Typhoons // Adv. Space Res. 1994. V. 14. N 1. P. 215–218.
19. Huang P.H., Cheng K., Chen S.W. On the Detection of Acoustic-gravity Waves Generated by Typhoon by Use of Real Time HF Doppler Frequency Shift Sounding System // Radio Sci. 1985. V. 20. N 4. P. 897–906.
20. Taylor M.J., Hargood M.A., Rothwell P. Observations of Gravity Wave Propagation on the OI (557,7 nm), Na (589,2 nm) and the Near Infrared OH Emissions // Planetary Space Sci. 1987. V. 35. N 4. P. 413–427.
21. Yee J.Y., Aren V.J. Mesospheric 5577 Å Green Line and Atmospheric Motions-Atmosphere Explorer Satellite Observations // Planetary Space Sci. 1987. V. 35. P. 1389–1396.
22. Tarasick D.W., Hines C.O. The Observable Effect of Gravity Waves on Airglow Emissions // Planetary Space Sci. 1990. V. 38. N 9. P. 1105–1119.
23. Гдалевич Г.Д., Покровская И.В., Шарков Е.А. Магнитосферные процессы как стимуляторы глобального тропического циклогенеза // Космич. исследования. 1994. Т. 32. № 2. С. 108–111.
24. Pankov V.M., Melioransky A.S., Lazarev A.A. Influence of Solar Activity and Particle Fall-out from Radiation Belts on Cyclones // Annales Geophysicae. Suppl. III to V. 13. 1995. Part III. P. C638.
25. Клепиков И.Н. Метод спутникового измерения спектральных характеристик турбулентности атмосферы // Исслед. Земли из космоса. 1990. № 5. С. 3–10.
26. Кузьмин А.К., Чиков К.Н. Возможности дистанционной диагностики авроральных и аэрономических характеристик с космического аппарата с помощью спектрофотометрической изображающей системы нового типа // Космич. исследования. 1994. Т. 32. № 1. С. 126–142.
27. Кузьмин А.К., Чиков К.Н. Панорамные изображающие монохроматические камеры для дистанционной диагностики характеристик ионосферы и верхней атмосферы с ИСЗ // Оптика атм. океана. 1995. Т. 8. № 6. С. 897–909.
28. Захаров М.Ю., Лупян Е.А., Назиров Р.Р. Создание информационного центра для поддержки пользователей спутниковых данных // Исслед. Земли из космоса. 1994. № 4. С. 88–91.
29. Букчин М.А., Захаров М.Ю., Крайнев Ан.Г. и др. Первичная обработка данных метеорологических спутников на локальных станциях приема // Исслед. Земли из космоса. 1994. № 5. С. 112–117.

Институт космических исследований РАН,  
Москва

Поступила в редакцию  
30.01.96

Центр радиофизического зондирования  
Земли НАН Украины, Харьков