



ЦЕЛЕВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ РЕАГИРОВАНИИ НА АСТЕРОИДНО-КОМЕТНУЮ ОПАСНОСТЬ

*М.И. Савельев, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)
М.Г. Соколова, К(П)ФУ*

Двадцать вторая международная конференция
«Современные проблемы дистанционного
зондирования Земли из космоса»

11-15 ноября 2024 г.
ИКИ РАН, г. Москва, Россия



Характеристика и проблемы парирования АКО



Характеристика небесных тел
(по материалам доклада Б.М. Шустова
на заседании Президиума РАН 15.01.2019)

Концептуальные проблемы реагирования
на астероидно-кометную опасность

ПЕРВАЯ проблема характеризуется отсутствием в настоящее время технологий, способных обнаруживать, достоверно и заблаговременно прогнозировать и осуществлять контроль за падением на Землю космических пришельцев.

ВТОРАЯ из них связана с отсутствием достаточных фундаментальных и поисковых исследований, позволяющих обеспечить активное противодействие опасным небесным телам и уберечь Землю от столкновения с ними без каких-либо последствий.

ТРЕТЬЯ проблема кроется в необходимости интеграции отдельных систем и подсистем космического мониторинга в комплексную многофункциональную систему мониторинга и прогнозирования (предупреждения) чрезвычайных ситуаций, в том числе астероидно-кометного происхождения.

Объект	Размеры, D	Частота (раз/лет)	Размер кратера, км	Последствия встречи ОНТ с Землей
Пылинка, Микро-метеороид	$D < 0.1 \text{ см}$	Практически непрерывно		Сгорает в атмосфере (метеор) или выпадает на поверхность
Метеороид, Астероид, Комета	$0.1 \text{ см} \leq D < 1 \text{ м}$	каждые ~15 дней (для 0.1 м)		Сгорает в атмосфере (болид)
	$1 \text{ м} \leq D < 30 \text{ м}$	~1 (для 5 м)		Болид. Сгорают, либо остатки долетают до Земли (метеорит)
	$\geq 30 \text{ м}$	~ 250	Нет	Тунгусское событие (воздушный взрыв) Аризонский кратер (поверхностный взрыв) Локальная катастрофа
Астероид или комета	$\geq 100 \text{ м}$	~ 3 тыс.	≥ 2	Региональная катастрофа
	$\geq 1 \text{ км}$	$\geq 1 \text{ млн. лет}$	≥ 20	Глобальная катастрофа
	$> 10 \text{ км}$	100 млн. лет	> 200	Конец цивилизации



Основные последствия проявления АКО

Проблемы предупреждения АКО

Обнаружение опасных небесных тел (ОНТ) в условиях дневного неба с помощью наземных средств невозможно.

Так же существуют проблемы раннего предупреждения реальной опасности для населения и территорий, а также достоверности определения параметров вторжения ОНТ по скорости, углу входа, массе, высоте, мощности и координатам взрыва.

ОНТ диаметром >10 м следует рассматривать как опасные.

Предотвратить столкновения Земли с ОНТ типа Челябинского метеорита практически невозможно.

Отсутствуют организационно-технические решения по предотвращению столкновения Земли с крупными >50 м ОНТ.

Параметры вторжения Челябинского метеороида

Экспериза	РАН	NASA	Лобановский Ю.И.
Скорость, км/с	18,6	18	19
Высота взрыва, км	23	19-24	28
Угол вхождения, (°)	≥ 20*	-	7,22*
Диаметр, м	16-19	15*	180*
Масса, тыс. т	-	10*	1800*
Мощность взрыва, Мт	0,1-0,5*	0,3-0,5*	57*
Избыточное давление, кПа	0,7-1	-	5

Примечание: *) противоречивость параметров

Комплексность и одновременность воздействия поражающих факторов АКО



Последствия взрыва ОНТ	
Ударная волна	+
Полоса поражения ударной волной	Полоса риска
Повреждение и разрушение	Потенциально опасные объекты
Воздействие на человека	Смертельные и санитарные потери
Световое излучение	+
Электромагнитное излучение	+
Сейсмические возмущения	+
Акустические возмущения	+

Воздействие первичных поражающих факторов взрыва ОНТ на потенциально опасные объекты	
Ударная волна, сейсмическое воздействие	
Химически опасные объекты	Химическое загрязнение
Радиационно-опасные объекты	Радиационное заражение (загрязнение)
Гидротехнические сооружения	Наводнения, подтопления
Световое излучение	Пожары
Электромагнитное излучение	Радиосвязь, инфраструктура, электроснабжения
Акустические возмущения	+

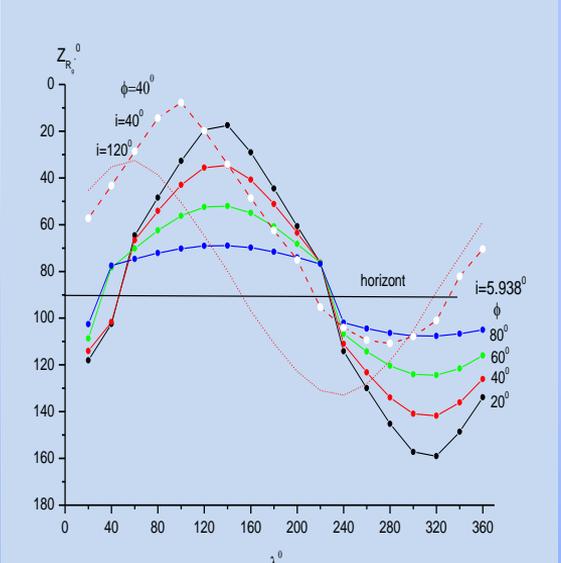


Потребность в математическом моделировании движения ОНТ по столкновительным с Землёй траекториям

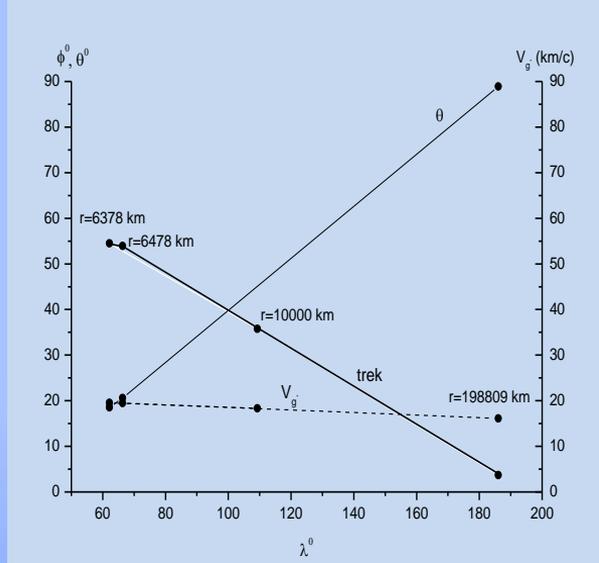


Не позволяют прогнозировать риски ЧС при реагировании на АКО

Математическая модель риска АКО
М.И. Савельев, М.Г. Соколова



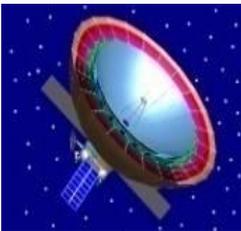
Зенитное расстояние видимого радианта Челябинского метеорита как функция долготы и широты места наблюдения



Параметры модельного трека Челябинского метеорита по геоцентрической и баллистической траекториям



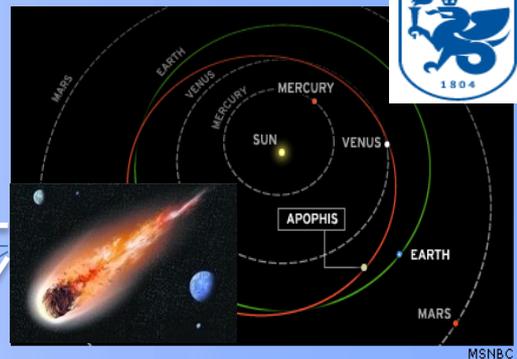
Перспективная система предупреждения об астероидно-кометной опасности



Пространство параметров

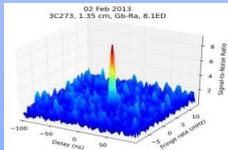
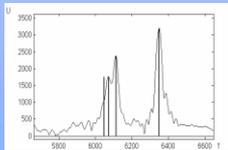
Происхождение (зарождение) –
масса – движение –
свечение – яркость –
спектр – цвет – форма –
размеры – дробление –
вращение – торможение –
взрыв

РСДБ космос -
Земля



Наземно-орбитальная система телескопов и радиотелескопов (рабочий диапазон волн: видимый, инфракрасный, субмиллиметровый и миллиметровый)

Режим радиоинтерферометрии с РСДБ позволяет определить: орбиту, координаты ОНТ, пространственную структуру и интенсивность излучения, а также спектр и поляризацию и в перспективе - параметры взрыва



Формирование каталога ОНТ



Потребности в целевом применении системы ДЗЗ из космоса при реагировании на астероидно-кометную опасность



Воздушная ударная волна

Разрушение заданий и сооружений



Разрушение потенциально опасных объектов (РОО, ХОО)



Ударное воздействие ОНТ

Разрушение гидросооружени



Световое излучение

Пожары



Материальный ущерб от чрезвычайных ситуаций

Средне-одовой	от 8,5 до 24 млрд. руб.
Челябинский метеорит	Более 1 млрд. руб



Функциональные возможности российской орбитальной группировки КА ДЗЗ по мониторингу чрезвычайных ситуаций



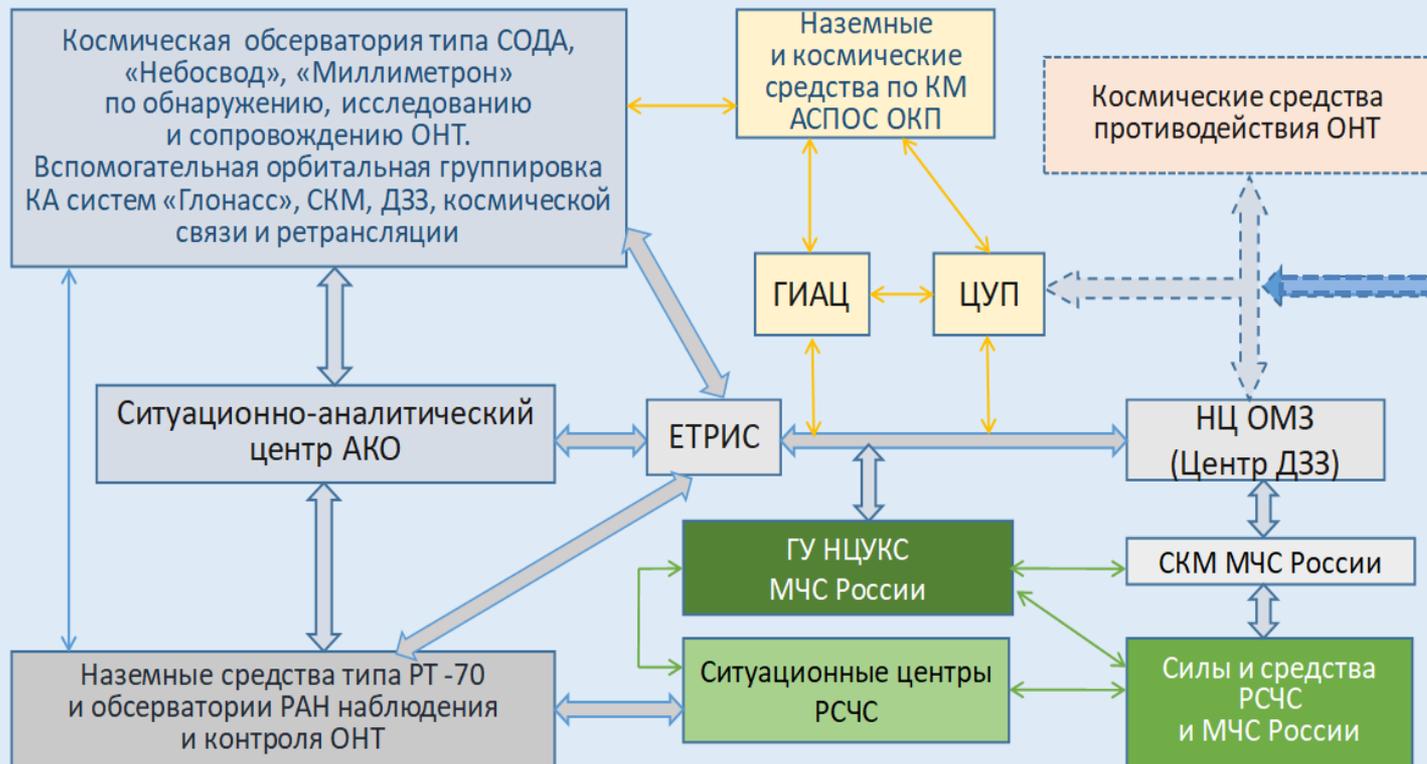
КА	Разрешение	Применение	Предоставление информации
Ресурс-П	Детальное (≤ 1 м) Высокое (2-30 м) Среднее (60 м)	Мониторинг техногенных и природных ЧС, в том числе стихийных гидрометеорологических явлений (циклон, ураган, тайфун и проч.). Обнаружение очагов лесных пожаров, крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду. Регистрация аномальных явлений для исследования возможности прогнозирования землетрясений. Мониторинг разливов нефти. Оценка разрушений объектов инфраструктуры городов, пострадавших при ЧС.	Не реже 1 раза в сутки. Не реже 1 раза в 5 суток. Не реже 1- 2 раза в сутки. Съемка зависит от погодных условий, а в широтах выше 60° отсутствует.
Канопус-В	Высокое (2-30 м)	Мониторинг техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, в том числе стихийных гидрометеорологических явлений (циклон, ураган, тайфун и прочее). Обнаружение очагов лесных пожаров, крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду. Регистрация аномальных явлений для исследования возможности прогнозирования землетрясений. мониторинг разливов нефти. Оценка разрушений объектов инфраструктуры городов, пострадавших при ЧС.	Не реже 1 раза в 5 суток Съемка зависит от погодных условий.
Метеор-М	Среднее (60 м)	Мониторинг пожаров. Мониторинг затоплений. Экологический контроль техногенных катастроф регионального масштаба. Мониторинг уровня воды в водоемах. Мониторинг прохождения циклона/ урагана/ тайфуна.	Съемка зависит от погодных условий.
Кондор-ФКА	Детальное (≤ 1 м) Высокое (2-30 м)	Решение задач картографирования. Мониторинга природных и техногенных чрезвычайных ситуациях. Выявление потенциально опасных геологических процессов, объектов и явлений в районах строительства и эксплуатации потенциально опасных объектов, Информационное обеспечение поиска полезных ископаемых.	Не реже 1 раза в сутки. Не реже 1 раза в 5 суток. Съемка не зависит от погодных условий



Система предупреждения и противодействия астероидно-кометной опасности



Российский сегмент мониторинга и предупреждения АКО



Глобальная (континентальная) система предупреждения и противодействия АКО



Концептуальные свойства (параметры) системы предупреждения и противодействия АКО



ГЛОБАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР ПОСТРОЕНИЯ:

- континентальное размещение элементов системы ;
- российский сегмент СМП АКО может быть представлен в качестве самостоятельной системы РСЧС или подсистемы АСПОС ОКП или континентальной СПП АКО;
- объединяет в своём составе орбитальные и наземные средства.

СЛОЖНОСТЬ СТРУКТУРЫ ПОСТРОЕНИЯ:

- различные уровни иерархии;
- коалиция интересов при реагировании на АКО;
- несколько центров управления и принятия решений;
- централизация для принятия решений и децентрализация по их выполнению.

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА:

- пространство параметров, характеризующих происхождение (зарождение) – массу – движение – свечение – яркость – спектр – цвет – форму – размеры – дробление – вращение – торможение – взрыв;
- большая неопределённость параметров опасных небесных тел;
- значительные объёмы обработки и передачи информации;
- сложность линий взаимодействия по каналам связи различной физической природы. Устойчивость и помехозащищённость радиоканалов связи



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Целевое применение космической системы дистанционного зондирования Земли при реагировании на астероидно-кометную опасность представляется целесообразным в рамках перспективной системы предупреждения и противодействия АКО.
2. Создание такой Системы должно осуществляться на принципах интеграции со смежными системами и разработки открытых информационно-управляющих систем, что является сложной научно-технической задачей и подлежит тщательным научным изысканиям.
3. В рамках этих изысканий должны быть установлены общие и специфические закономерности возникновения чрезвычайных ситуаций земного и космического происхождения, выявлены и классифицированы информативные для прогнозирования признаки возникновения чрезвычайных ситуаций, разработаны методики оценки рисков и критериев принятия решений в зависимости от характера возникновения угроз чрезвычайных ситуаций, методики структурной оптимизации Системы с учётом взаимодействия со смежными системами, включая систему ДЗЗ из космоса.

Благодарю за
внимание

