

Научная статья

УДК 351.861

doi: 10.34987/2712-9233.2023.63.48.002

Особенности мониторинга чрезвычайных ситуаций российскими и зарубежными космическими аппаратами дистанционного зондирования земли

Николай Александрович Цыбиков

Валерий Вячеславович Семёнов

Вячеслав Викторович Сериков

*Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий), Москва, Россия
Автор ответственный за переписку: Николай Александрович Цыбиков, s.t.i.-2009@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены особенности мониторинга чрезвычайных ситуаций российскими и зарубежными космическими аппаратами. Проведено сравнение возможности применения российских и зарубежных данных дистанционного зондирования Земли. Сформулированы требования к информации орбитальной группировки применительно к решению задач МЧС России.

Ключевые слова: дистанционное зондирование земли, космические аппараты, орбитальная группировка, чрезвычайная ситуация

Для цитирования: Цыбиков Н.А., Семёнов В.В., Сериков В.В. Особенности мониторинга чрезвычайных ситуаций российскими и зарубежными космическими аппаратами дистанционного зондирования земли // Актуальные проблемы безопасности в техносфере. 2023. № 1 (9). С. 10-15
<https://doi.org/10.34987/2712-9233.2023.63.48.002>

Features of emergency monitoring by Russian and foreign earth remote sensing spacecraft

Nikolay A. Tsybikov

Valery V. Semoynov

Vyacheslav V. Serikov

*Federal State Budgetary Institution «All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies of the Ministry of Emergency Situations of Russia» (Federal Center for Science and High Technologies), Moscow, Russia
Corresponding author: Nikolay A. Tsybikov, s.t.i.-2009@mail.ru*

Abstract. The article discusses the features of emergency monitoring by Russian and foreign spacecraft. The possibility of using Russian and foreign remote sensing data of the Earth is compared. The requirements for the information of the orbital grouping in relation to solving the tasks of the Ministry of Emergency Situations of Russia are formulated.

Keywords: remote sensing of the Earth, spacecraft, orbital grouping, emergency situation

For citation: Tsybikov N.A., Semoynov V.V., Serikov V.V. Features of emergency monitoring by Russian and foreign earth remote sensing spacecraft // Actual problems of safety in the technosphere. 2023. №. 1 (9). P. 10-15.
<https://doi.org/10.34987/2712-9233.2023.63.48.002>

Мировое сообщество в новом тысячелетии продолжает активные поиски преодоления последствий интенсивных воздействий на окружающую среду обитания, не сопоставимых по своим масштабам от предшествующей эпохи – гармоничного сосуществования человека и природы. Технический прогресс и производственно-хозяйственная деятельность человека по сути преопределили условия нового техногенного уклада жизни, зачастую нарушающие законы естественного развития цивилизации. Как следствие, крупные аварии и катастрофы техногенного, природного и биолого-социального характера стали происходить чаще. Сохраняющаяся тенденция ежегодного роста количества и масштабов последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий заставляет искать новые пути решения в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций (ЧС) их последствий, предвидеть будущие угрозы, риски, развивать методы их прогноза и предупреждения.

Согласно оценкам учёных сумма ущерба, в которую Человечеству обходятся все природные и техногенные бедствия, составляет порядка триллиона долларов в год. Размер этого ущерба и непрерывный рост частоты и масштаба указанных катаклизмов, вынуждают страны активизировать разработку и внедрение передовых технологий защиты населения и территорий [1,2]. В реализации данного направления система аэрокосмического мониторинга (АКМ) и прогнозирования ЧС занимает важнейшее место.

Получаемые от космических аппаратов (КА) мониторинга данные, могут быть единственным оперативным источником о ЧС/их последствиях, если это труднодоступные территории.

На основе полученных данных АКМ проводят оценку:

обстановки в районах ЧС;

состояния потенциально опасных объектов и территорий;

ландшафтных природных пожаров (ПП);

паводков, наводнений, ледовых заторов;

разливов нефтепродуктов и динамики их распространения;

поиск «аварийных объектов» на труднодоступной местности (в акваториях).

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 21 мая 2007 г. №304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» ЧС разделены на:

локальные – зона ЧС, на которой нарушены условия жизнедеятельности людей, не выходит за пределы территории объекта, при этом количество людей, погибших или получивших ущерб здоровью, составляет не более 10 человек либо размер ущерба окружающей природной среде и материального ущерба составляет не более 100 тыс. рублей;

муниципальные – зона ЧС не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории города федерального значения, при котором количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн. рублей, а также данная ЧС не может быть отнесена к ЧС локального характера;

межмуниципальные – зона ЧС затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию, при котором количество пострадавших составляет не более 50 человек, либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн. рублей;

региональные – зона ЧС не выходит за пределы территории одного субъекта РФ, количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн. рублей, но не более 500 млн. рублей.

межрегиональные – зона ЧС затрагивает территорию двух и более субъектов РФ, при том же размере ущерба, что и региональные ЧС;

федеральные – зона ЧС с количеством пострадавших более 500 человек, либо размер материального ущерба превышает 500 млн. рублей.

По характеру возникновения ЧС обычно выделяют три основные группы: природные, техногенные и биолого-социальные.

Классификация ЧС по происхождению, типу и воздействующим факторам приведена в таблице 1 [3].

Табл. 1. Классификация ЧС по происхождению, типу и факторам

Классификация по виду (происхождению)	Классификация по типу		Факторы, обуславливающие наступление ЧС
Природные	Опасные геологические явления и процессы		Землетрясения, вулканы, обвалы, оползни, карстовые провалы, просадка грунта и т.д.
	Опасные гидрологические явления и процессы		Наводнения, паводки, заторы, лавины, сели, цунами, оползни, штормовой нагон воды и т.д.
	Опасные метеорологические явления и процессы		Шквал, шторм, ураган, смерч, тайфун, циклон, ливень, град, гроза, туман, гололед, засуха пыльные бури и т.д.
	Природные пожары		Ландшафтный, лесной, степной, торфяной и т.д.
	Биологические		Эпидемии, эпизоотии, эпифитотии.
	Социальные		Гуманитарные катастрофы, вызванные массовыми беспорядками, войнами и т.д.
	Космического происхождения	Космического мусора	На низких околоземных орбитах находится 10 000 тонн техногенных объектов.
Астероидно-кометная опасность		При столкновении с Землей возникает ударная волна, световой импульс, пожары, сейсмический эффект и цунами.	
Космическая погода		геоиндуцированные токи и т.д.	
Техногенные	Объектовые (локальные)		Аварии на опасных промышленных объектах, транспорте и т.д.
	Территориальные		Химические, радиационные, биологические заражения крупных воздушных масс, водоемов, территорий, населенных пунктов и т.д.

Подверженность территории Российской Федерации (РФ) воздействию опасных природных и техногенных процессов и явлений свидетельствует об актуальности решения проблемы защиты населения и территорий с учетом рисков возникновения ЧС. При постоянном увеличении численности населения и создаваемых потенциально опасных техногенных объектов, степень риска ЧС многократно возрастает. Риск отражает функцию частоты нежелательного события и/или его последствий, выраженную через вероятность проявления факторов опасности $P_{\text{фо}}$ и вызванной ими величины ущерба (уязвимости) $U_{\text{г}}$ населения и территорий [4]:

$$R = f(P_{\text{фо}} * U_{\text{г}})$$

Снижение риска может быть успешным при планомерном объединении усилий функциональных и территориальных подсистем «Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (РСЧС), входящих в её состав государственных органов, научных и научно-производственных учреждений и организаций на базе современных достижений науки и техники, обобщающих отечественную и зарубежную практику ведения мониторинга и ликвидации последствий ЧС.

Больше всего люди страдают от наводнений (40%), ураганов (20%), землетрясений (15%) и засух (15%). Около 10% общего ущерба приходится на остальные виды стихийных бедствий [5].

Приказом МЧС России №722 от 10.11.96 г. «Об организации работ по использованию средств наблюдения и контроля космического базирования для предупреждения и оперативного контроля чрезвычайных ситуаций в системе МЧС России» была создана ведомственная система мониторинга и прогноза ЧС (система космического мониторинга ЧС – СКМ ЧС).

СКМ ЧС предназначена для обеспечения органов управления МЧС России федерального и территориального уровней оперативной информацией о состоянии потенциально опасных объектов (территорий) в зонах повышенного риска возникновения ЧС, фактах возникновения ЧС, параметрах обстановки в районах ЧС и динамике ее дальнейшего развития. На систему были возложены задачи регулярных наблюдений и контроля окружающей среды для оценки ее состояния, анализа происходящих в среде процессов, своевременного выявления изменений с целью обеспечения возможности смягчения природных и природно-техногенных рисков. Фактически этот приказ определил СКМ ЧС главенствующей

составляющей функционирующей системы аэрокосмического мониторинга (АКМ) и прогнозирования ЧС МЧС России.

Постоянное расширение и совершенствование системы сформировало её современный как распределенной системы космического мониторинга (КМ), в составе которой пять пунктов приема данных с отечественных и зарубежных КА обеспечивают органы управления различных уровней космической информацией (КИ)[5,6]. В сети Интернет функционируют геоинформационные порталы для отображения, систематизации и оперативного анализа данных КМ: государственная информационная система (ГИС) «Космоплан» - снимки паводковой обстановки, ГИС «Каскад» - природных пожаров.

Центры/филиалы приема и обработки КИ дислоцированы в районе гг. Москва, Мурманск, Вологда, Красноярск, Владивосток. Такое расположение центров делает возможным прием оперативной КИ практически по всей территории РФ и приграничным территориям сопредельных государств за исключением удаленных районов Крайнего Севера и Дальнего Востока.

В качестве примера рассмотрим практику мониторинга природных пожаров (ПП) и оценки степени риска перехода горения на населенные пункты и объекты инфраструктуры.

Система космического мониторинга МЧС России при взаимодействии с отечественными и зарубежными операторами космических систем в плане реализации заявок на космическую съемку, выстроена таким образом, что имеет возможность получать информацию а) непосредственно с борта КА по радиолинии в без заявочном режиме – КА Terra, Aqua (modis), б) в режиме реализации возмездной заявки с КА Radarsat 1, 2, SPOT-4,5, EROS-A,B, ENVISAT-1, UK-DMC2 и в) по каналам приема-передачи данных (посредник-поставщик сам принимает информацию на собственные приемные комплексы или получает ее от операторов космических систем для последующих операций).

Ежегодно перед началом пожароопасного сезона МЧС России разрабатывает «План предупреждения и ликвидации ЧС, вызванных природными пожарами на территории РФ в XXXX году», в котором специальным разделом отображены мероприятия по космическому мониторингу. Раздел содержит порядок осуществления и подготовку данных мониторинга, доведение результатов до потребителей. В нем отражены силы и средства, их принадлежность, участвующие в приеме и подготовке данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), тип данных на весь период реагирования. Данный план - основа для работы НЦУКС МЧС России в повседневном режиме (на основе данных оперативного (обзорного) КМ и прогноза развития обстановки) и режиме ЧС (по факту возникновения, вызванных природными пожарами ЧС, непосредственно угрожающим населенным пунктам/объектам инфраструктуры).

В повседневном режиме ежедневно 4 раза в сутки НЦУКС МЧС России получает информации о складывающейся обстановке по природным пожарам на территории РФ, сопредельным территориям приграничных государств (в мониторинговом режиме), данные КА Terra и Aqua (modis). На основе ежедневного прогноза развития обстановки по ПП (предоставляет ВЦМП «Антистихия») с учетом оперативных данных КМ всей территории РФ, устанавливают населенные пункты/объекты инфраструктуры в зонах возможного воздействия ПП. Эти населенные пункты/объекты включают в Заявку на проведение контрольной съемки (детальной высоким пространственным разрешением) с последующей передачей операторам космических систем.

В режиме ЧС (по факту возникновения ЧС). При получении информации о возникновении ЧС, вызванных ПП, дежурный специалист оперативно диспетчерской службы (ОДС) НЦУКС по КМ уточняет место возникновения ЧС, необходимость осуществления космической съемки района ЧС, участвует в формировании Заявки на проведение космической съемки, которую отправляют операторам космических систем.

Заявки на проведение съемки реализуют в:

оперативном режиме – прием оперативных данных с КА Terra и Aqua (modis) на приемные комплексы СКМ ЧС МЧС России;

режиме заявки для решения данной задачи используются КА ДЗЗ видимого, ближнего ИК диапазонов высокого и детального пространственного разрешения (отечественные КА: Ресурс-П, Канопус-В; зарубежные КА: SPOT-5,6, Eros-A,B.).

После получения и автоматической обработки обзорной информации с КА устанавливают места тепловых аномалий, их критическую дальность нахождения от населенных пунктов/объектов инфраструктуры, доводят результаты обработки до потребителей. Основная задача информации обзорного характера: выявление и отображение текущей обстановки по ПП, потенциально опасным для ближайших

населенных пунктов/объектов инфраструктуры. Она - основа для подготовки аналитических материалов в доклад руководства субъектного и федерального уровней для принятия управленческих решений. Одновременно она поступает в территориальные органы управления МЧС России и единых дежурно-диспетчерских служб (ЕДДС) муниципальных образований (МО) посредством размещения в ведомственном геопортале «Каскад».

По результатам анализа информации детального и высокого пространственного разрешения выявляют характеристики ПП в опасной близости от населенных пунктов и объектов инфраструктуры в ближайшие сутки. Выходные данные систематизируют в тематические слои ГИС: тепловые аномалии, карты задымления территорий от природных пожаров, облачности на сопредельную территорию РФ, справочную информацию с перечнем населенных пунктов, объектов инфраструктуры в зонах взаимного воздействия ПП в течение ближайших суток. Дополнительно готовят альбом с данными оперативного КМ ближайших территорий.

Получение отечественных данных ДЗЗ для нужд МЧС России налажено в плановом порядке с 2014 года. До этого момента этот процесс носил эпизодический характер с применением 3-4 КА (табл. 2).

Табл. 2. Информация о выполнении ДЗЗ с применением отечественных КА

Годы	Космические аппараты	Количество снимков (шт.)	Объём территории съёмки (км ²)
2014	Ресурс-П», «Канопус-В», «Метеор-М» «Ресурс-ДК»	1077	119 183 195
2015	Ресурс-П», «Канопус-В», «Метеор-М»	3094	261 284 456
2016	Ресурс-П», «Канопус-В», «Метеор-М»	2389	84 838 354

Прием и обработка данных ДЗЗ с иностранных КА организованы с 2010 года. До этого осуществляли периодический прием информации с КА NOAA и КА серии EOS (Terra, Aquamodis) в научных и учебных целях отработки и уточнения алгоритмов тематической обработки основным данных мониторинга тепловых аномалий, о чем свидетельствует статистика наблюдаемых площадей.

Табл. 3. Информация о выполнении ДЗЗ с применением отечественных КА в период 2010-2015 гг.

Годы	Космические аппараты	Количество снимков (шт.)	Территория съёмки (км ²)
2010	«EROS-A,B», «ENVSAT-1», «SPOT-4,5», «Radarsat-1»	6019	21 382 800
2011	«EROS-A,B», «ENVSAT-1», «SPOT-4,5», «Radarsat-1»	11447	37 337 600
2012	EROS-A,B», «ENVSAT-1», «SPOT-4,5», «Radarsat-1», «UK-DMC2»	5474	39 507 330
2013	EROS-A, B», «UK-DMC2», «SPOT-5», «Radarsat-1, 2», «CosmoSkyMed», «Pleiades-1», «WorldViwe-3»	1974	35 839 431
2014	«EROS-A,B», «SPOT-5», «UK-DMC2».	1302	32 731 046
2015	EROS-B», «CosmoSkyMed», «Pleiades-1», «Radarsat-2», «TerraSAR-X», «SPOT-6,7»	317	3 521 996

В МЧС России ДЗЗ из космоса применяют в информационных системах: ГИС «Каскад», ГИС «Космоплан», АИУС РСЧС-2030.

Практика реализации данных ДЗЗ и результатов космической деятельности выявили проблемы своевременного и адекватного реагирования на ЧС природного и техногенного характера. В основном они связаны с разобщенностью ресурсов российской орбитальной группировки КА, задержками в передаче МЧС России данных ДЗЗ, зависимостью их получения от погодных условий, низким уровнем автоматизации процессов приема, обработки и распространения информации, недостаточным развитием территориально-распределённых информационных подсистем.

Заключение

Для успешного решения задачи мониторинга необходимо обеспечить получение оперативных данных ДЗЗ [7]:

районов с повышенным риском возникновения ЧС на контролируемых территориях РФ не позднее 2 часов с момента поступления заявки оператором в видимом (с пространственным разрешением

не хуже 0,5 м), ближнем ИК и радиолокационном диапазонах (группировка КА видимого и радиолокационного диапазонов);

обстановки по природным пожарам 8 раз в сутки контролируемых участков РФ с пространственным разрешением 50-100 м в среднем и дальнем ИК диапазонах (3,5 – 4 мкм и 11-12 мкм) бортовой аппаратурой ИК диапазона;

паводковой обстановки 8 раз в сутки по контролируемой территории РФ с пространственным разрешением 30-50 м (можно 200-300 м) бортовой аппаратурой радиолокационного диапазона.

Решение организационных вопросов может быть достигнуто:

объединением отдельных систем и подсистем космического мониторинга в единую многофункциональную систему мониторинга и прогнозирования (предупреждения) ЧС в составе РСЧС различных уровней;

созданием орбитальных группировок негерметичных малых и миниспутников в составе 28-30 КА массой не более 100 кг каждый, с новой элементной электронно-оптической базой, размещаемых в области низких, солнечно-синхронных (приполярных) орбит с длительностью эксплуатации порядком 10-15 лет;

продолжить работы по повышению взаимодействия функциональных и территориальных подсистем РСЧС, входящих в её состав государственных органов, научных и научно-производственных учреждений и организаций – участников оперативного реагирования различных уровней;

В числе важнейших направлений ближайших лет должно стать укрепление взаимодействия авиационной и космической составляющих функционирующей системы аэрокосмического мониторинга (АКМ) на всех этапах ведения совместных работ по предупреждению и/или ликвидации последствий ЧС различного характера.

Список источников

1. Цаликов Р.Х., Акимов В.А., Козлов К.А. Оценка природной, техногенной и экологической безопасности России. Научное издание / ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Москва, 2009. – 464 с.

2. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации /Под редакцией доктора физико-математических наук В.М. Кабцова. Климатический центр Росгидромета – Санкт-Петербург. 2017. - 106 с.

3. Акимов В.А., Савельев М.И., Шустов Б.М. и др. Астероидно-кометная опасность: стратегия противодействия / Под общ.ред. В.А. Пучкова / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 272 с.

4. Евдокимов В.И. Анализ рисков в чрезвычайных ситуациях в России в 2004-2013 гг.: монография / Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России – СПб: Политехника сервис, 2015г.-95с.

5. В.М.Резников Аэрокосмическая система мониторинга. Состояние, проблемы, перспективы - М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009.

6. А.В. Епихин. Система космического мониторинга МЧС России. Земля из космоса, вып.4, 2010, стр.34-35.

7. Технологии гражданской безопасности-2021г.- Москва 2021 т.18-№2 (68) -84-89с.- Ежеквартальный-ISSN 1996-8493 – Совершенствование организационного и технического оснащения /дооснащения сил и средств РСЧС при комплексном решении проблем защиты критически важных и потенциально опасных объектов экономики /Фалеев М.И. и др.}

Информация об авторах

Н.А. Цыбиков– кандидат физико-математических наук

Information about the author

N.A. Tsybikov– Ph.D. of Physico-mathematical Sciences

Статья поступила в редакцию 09.12.2022; одобрена после рецензирования 27.01.2023; принята к публикации 28.03.2023.

The article was submitted 09.12.2022, approved after reviewing 27.01.2023, accepted for publication 28.03.2023.