

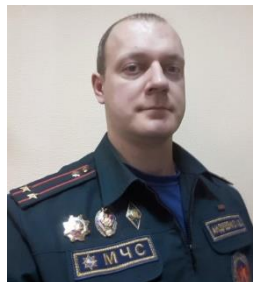
УДК 629.7

## **МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**



**Н.И. Мурашко**

*Ведущий научный сотрудник  
Объединенного института проблем  
информатики НАН Беларуси, кандидат  
технических наук*



**А.В. Андреевко**

*Главный специалист  
Республиканского центра управления и  
реагирования на чрезвычайные ситуации  
МЧС Республики Беларусь*

*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси.  
Республиканский центр управления и реагирования на чрезвычайные ситуации МЧС Республики Беларусь  
E-mail: [murnic@newman.bas-net.by](mailto:murnic@newman.bas-net.by)*

### **Н.И. Мурашко**

*Ведущий научный сотрудник лаборатории аэрокосмического мониторинга Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси, доцент кафедры «Интеллектуальные и мехатронные системы» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук. Специалист в области обработки данных аэрокосмического мониторинга, создания комплексов дистанционного мониторинга нештатных и чрезвычайных ситуаций на местности и на объектах техногенного характера.*

### **А.В. Андреевко**

*Главный специалист отдела мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций государственного учреждения «Республиканский центр управления и реагирования на чрезвычайные ситуации Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь». Специалист в области использования данных дистанционного зондирования Земли в целях мониторинга чрезвычайных ситуаций.*

**Аннотация.** Традиционные способы обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного характера на базе данных дистанционного мониторинга имеют существенные недостатки, обусловленными погодными условиями, спектральным, пространственным и временным разрешением данных дистанционного наблюдения, отсутствием методик, алгоритмов и программных средств совместной обработки информации, поступающей от разных источников. Результативность обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций значительно повышается при многоуровневой системе мониторинга, включающей получение и совместную обработку в реальном времени данных космического, авиационного и наземного наблюдения. Для реализации многоуровневой системы обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций предложено использовать мультиагентную систему мониторинга, каждый агент которой является интеллектуальным, независимым и не обладает информацией о всей системе.

**Ключевые слова:** мультиагентная система мониторинга, чрезвычайные ситуации, средства космического и авиационного наблюдения, снимки видимого и инфракрасного диапазонов, природные пожары.

### *Введение.*

В настоящее время актуальной проблемой остается необходимость совершенствования системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, входящей в Национальную систему мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь [1, 2]. Традиционные способы обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного характера на базе космических, авиационных и наземных средств наблюдения кроме известных достоинств имеют существенные недостатки, обусловленными погодными

условиями, спектральным, пространственным и временным разрешением данных дистанционного наблюдения, отсутствием методик, алгоритмов и программных средств совместной обработки информации, поступающих от разных источников.

Мониторинг и прогнозирование развития чрезвычайных ситуаций – это комплекс наблюдений за состоянием окружающей среды (атмосферы, гидросферы, иных геосфер, почвенно-растительного покрова, животного мира, объектов техносферы) с целью контроля её состояния и охраны, а также опережающее отражение вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа возможных причин её возникновения, её источника в прошлом и настоящем [2, 3].

Результаты мониторинга и прогнозирования являются исходной основой для разработки долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных целевых программ, планов, а также для принятия соответствующих решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайными ситуациями (далее – ЧС) [4].

В Республике Беларусь функции мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций возложены на Систему мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (далее – СМПЧС) [5].

Из трех основных задач СМПЧС – наблюдения, оценки и прогноза – последняя самая сложная, особенно в ситуации с опасными природными процессами и природными ЧС [6]. Наиболее значимыми и требующими решения проблемами прогнозирования являются:

- оценка вероятности возникновения каждого из источников ЧС (опасных природных явлений, техногенных аварий, экологических бедствий, эпидемий, эпизоотий и т.п.);
- определение масштабов ЧС, размеров их зон;
- определение возможных длительных последствий при возникновении ЧС;
- расчет потребности сил и средств для ликвидации прогнозируемых ЧС.

Для решения задач прогнозирования ЧС необходимо наличие эффективных инструментов объективного мониторинга источников ЧС и параметров возникших ЧС, которые совместно с научно-методическим обеспечением формируют базис для моделирования и оценки рисков ЧС.

### ***1. Технические средства мониторинга чрезвычайных ситуаций***

В Республике Беларусь сохраняется достаточно высокий уровень рисков возникновения ЧС природного и техногенного характера. В мировой практике для оперативного контроля и оценки состояния принятия мер по предупреждению и действиям в ЧС широко применяются геоинформационные технологии, использующие в качестве основных источников информации о состоянии территории материалы дистанционного зондирования Земли в сочетании с эталонными данными наземных измерений [7]. Такой подход к решению проблемы позволяет значительно повысить оперативность контроля и достоверность оценки последствий ЧС при относительно небольших материально-финансовых затратах по сравнению с традиционными наземными методами. В свою очередь это позволяет широко использовать методы прогнозирования и моделирования ситуаций природного и техногенного характера и на их основе своевременно проводить мероприятия по предупреждению и ликвидации ЧС.

В Республике Беларусь созданы и функционируют технические средства мониторинга природной среды: космические, авиационные и наземные [7]. Космические средства мониторинга предназначаются, в основном, для выявления и уточнения обстановки, связанной с лесными пожарами, наводнениями и другими крупномасштабными, опасными природными явлениями и процессами с незначительной динамикой. Космический мониторинг в видимом диапазоне позволяет получать панхроматические и многоканальные снимки. При этом снимок охватывает 20 км полосу съемки в высоком разрешении и свыше 2000 км в низком разрешении.

Для обнаружения лесных пожаров используются космические снимки низкого разрешения, на которых производится поиск признаков горения древесины: дым и огонь. Температура горения древесины находится в пределах от 800°C до 1000°C. Температура нижнего пожара, включая костёр, составляет около 700°C. В пожароопасный период система обнаружения лесных пожаров по данным с космических аппаратов позволяет выявлять около 6% всех возникающих пожаров. Особенностью такой системы является возможность обнаружения пожаров в малонаселенных районах страны, а также в непосредственной близости к государственной границе Беларуси (рисунок 1).

В Республиканском центре управления и реагирования на чрезвычайные ситуации МЧС Республики Беларусь (далее - РЦУРЧС) активно используются средства космического мониторинга чрезвычайных ситуаций [7].

Национальный оператор Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли в целях мониторинга чрезвычайных ситуаций представляет в РЦУРЧС информацию с системы метеорологических спутников серии NOAA и Terra, российского спутника «Канопус», а также с белорусского космического аппарата (БКА). Полученные снимки обрабатываются и анализируются с использованием современных программных средств на предмет обнаружения тепловых аномалий.

Результаты тематической обработки космических снимков публикуются на информационном ресурсе в Интернет. Работники территориальных управлений по ЧС, открыв информационный ресурс, получают информацию о тепловых аномалиях и дают указания подчиненным подразделениям на обследование этих территорий. При подтверждении факта пожара для его ликвидации высылаются силы и средства МЧС, а также привлекаются техника и работники организаций-собственников данных территорий.

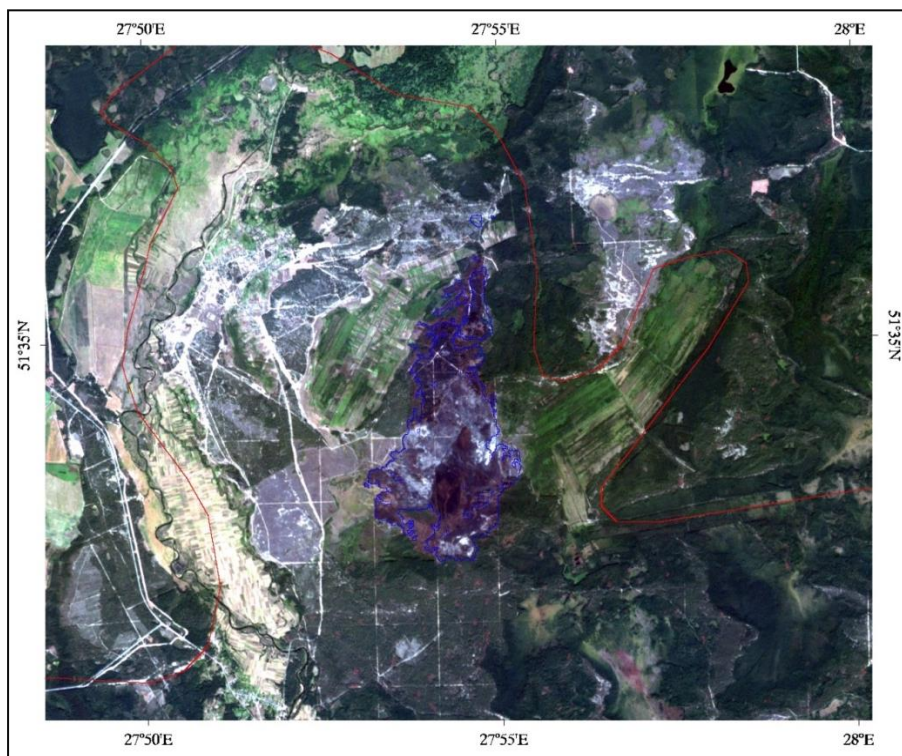


Рисунок 1. – Снимок Белорусского космического аппарата с последствиями пожара на территории Украины вблизи границы Республики Беларусь 31.08.2017

К недостаткам космического мониторинга в видимом диапазоне следует отнести ограниченное количество безоблачных дней (до 60 дней) в году. При использовании одного спутника к недостаткам следует добавить:

- спутник может находиться над заданной территорией один раз в четверо суток;
- спектральные каналы не могут быть изменены в процессе эксплуатации космического аппарата.

Недостатки космического мониторинга компенсируются авиационным мониторингом на базе пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов. Авиационные средства используются для тех же целей, что и космические, а также для получения данных о состоянии радиационной обстановки, обстановки в зонах широкомасштабных разрушений, о состоянии магистральных трубопроводов и другой обстановки (дорожной, снежной, ледовой и т.п.). Они имеют более широкие возможности, по сравнению с космическими средствами, как по составу объектов наблюдения, так и по оперативности и поэтому находятся на оснащении целого ряда соответствующих мониторинговых подразделений с учетом сфер ответственности последних, например:

- авиационный аппаратно-программный комплекс оперативного контроля за состоянием лесов (ВСК-2). Создан НИИ ПФП им. А.Н. Севченко БГУ в 2000 г. в интересах УП «Белгослес»;
- аэрофотосъемочная аппаратура RC-30 Швейцарской фирмы «Leica» для решения задач геодезии и картографии используется в республиканском дочернем аэрофотогеодезическом унитарном предприятии «БелПСХАГИ».

## **2. Проблемы создания многоканального авиационного комплекса для обнаружения чрезвычайных ситуаций**

Для оперативного обнаружения и мониторинга развития чрезвычайных ситуаций широко используются многоканальные аппаратно-программные комплексы, которые устанавливаются на пилотируемых и беспилотных летательных аппаратах. Такие комплексы принято называть полезной нагрузкой для летательного аппарата.

Полезная нагрузка летательного аппарата должна обеспечивать получение данных в объеме, необходимом для обнаружения ЧС и оценки их последствий, включая обнаружение:

- признаков пожара в лесу на расстоянии не менее 20 км с высоты 400 м,
- очагов пожара в лесу и на торфянике,
- ледовых заторов и разливов рек в период весеннего половодья,
- обнаружение последствий пожара и урагана в лесу,
- тепловых аномалий на объектах тепло-электроэнергетики, включая подземные теплотрассы.

Данные полезной нагрузки необходимы для информационной поддержки наземных сил подразделений МЧС в реальном времени.

В состав полезной нагрузки должны входить цифровые фотокамеры видимого, ближнего NIR и среднего SWIR диапазонов, модуль измерения высоты съемки, гиостабилизированная платформа (подвес), модуль позиционирования на базе приемника спутниковой навигации (ГЛОНАСС, GPS), бортовой вычислительный комплекс и комплексы средств передачи данных наблюдения и дистанционного управления цифровыми средствами съемки. При этом дальность передачи данных с борта летательного на наземный пункт управления должна быть не менее 100 км.

В зависимости от решаемых задач предъявляются требования спектральному цифровым камерам, среди которых необходимо отметить угол зрения, пространственное, спектральное и временное разрешение, а также требования к точности определения пространственной ориентации спектральному камер в момент съемки.

При проектировании полезной нагрузки необходимо учитывать экономический эффект от её эксплуатации с учетом рисков, связанных с возможной жесткой посадкой летательного аппарата, при которой часть оборудования может быть повреждена или уничтожена.

Высота съемки местности может находиться в пределах от 100 до 3000 м. Стоимость получения качественного цифрового снимка местности площадью 1 кв. км зависит от высоты съемки, пространственного разрешения и угла обзора фотокамеры. На практике целесообразно использовать объектив фотокамеры, имеющий угол зрения  $60^{\circ}$ . Для обнаружения чрезвычайных ситуаций на местности пространственное разрешение снимков, полученных с высоты 1000 м, должно быть не хуже 0,2 м. Для снижения стоимости съемки площадных объектов с разных высот целесообразно использовать объективы с переменным фокусным расстоянием. При этом возникает проблема управления системой цифровых камер полезной нагрузки.

При мониторинге ЧС природного характера используются снимки, полученные в разных спектрах видимого диапазона, например, в красном и ближнем инфракрасном диапазонах [3]. При этом в зависимости от решаемой задачи используется узкая часть спектрального диапазона. Спектральное разрешение камеры зависит от оптического фильтра, который устанавливается на объектив. В этом случае возникает проблема выбора оптимального оптического фильтра.

Авиационная съемка может осуществляться при изменении освещенности местности в пределах от 100 до 100000 люкс. Параметров экспозиции фотокамеры всего три: диафрагма, выдержка и светочувствительность. При использовании одной фотокамеры параметры экспозиции устанавливаются автоматически. Одновременная съемка местности двумя и более цифровыми камерами не предполагает автоматическую экспозицию: диафрагма и выдержка камер устанавливаются заранее. Цифровая камера формирует снимки 32-битной разрядности без потери информации. Проблема возникает при автоматическом преобразовании 32-битных изображений в 8-битные, тематическая обработка которых выполняется стандартными средствами.

Необходимо решить проблему одновременной многоканальной съемки, при которой относительное время задержки срабатывания затворов цифровых фотокамер должно быть постоянным и не должно быть размытия (смаза) изображения, которое зависит от скорости летательного аппарата – носителя полезной нагрузки.

В Объединенном институте проблем информатики НАН Беларуси создан многоканальный гиросtabilизированный авиационный комплекс дистанционного наблюдения АПК «Спектр» [8, 9], который включает в себя представленные на рисунке 2 авиационную спектрально-зональную систему «АВИС», авиационную стабилизирующую платформу ASP-4, модуль управления стабилизирующей платформой и инерциальный навигационный модуль. Специальное программное обеспечение (СПО) АПК «Спектр» включает СПО формирования метафайла данных, СПО хранения данных авиасъемок на встроенных носителях системы «АВИС» и СПО обработки авиационных снимков видимого, инфракрасного и теплового диапазонов.

Основные технические характеристики АПК «Спектр» приведены ниже:

1) режимы съемки:

- спектрально-зональная сверхвысокого разрешения;
- панхроматическая сверхвысокого разрешения;
- панхроматическая стереосъемка сверхвысокого разрешения;
- телевизионная обзорная съемка;
- инфракрасная съемка 0,75 – 12 мкм;

2) пространственное разрешение с высоты 500 м:

- сверхвысокого разрешения – 0,05 м/пиксель;
- обзорное цветное изображение – 0,2 м/пиксель;



- тепловизионное изображение – 0,8 м/пиксель.

АПК «СПЕКТР» позволяет получать высокого пространственного разрешения растровые снимки местности в заданных спектральных (видимый, ближний и средний инфракрасный) диапазонах. Снимки используются для оценки последствий пожаров в природных экосистемах, оценки зон затопления, обнаружения разливов загрязняющих веществ на поверхности водных объектов, поиска потерявшихся в лесах людей и прочих прикладных задач.

К достоинствам авиационного мониторинга можно отнести:

- оперативность;
- высокое пространственное разрешение снимка, необходимое для решения специальных задач мониторинга;
- возможность одновременного наблюдения за местностью в видимом и инфракрасном диапазонах;
- возможность смены фильтров в многоканальной съемочной аппаратуре в зависимости от решаемой задачи (обнаружение пожара, мониторинга развития половодья, мониторинг загрязнения нефтепродуктами и т.д.).



Рисунок 2. – АПК «Спектр» на борту самолета АН-2

К недостаткам авиационного мониторинга следует отнести:

- узкая полоса наблюдения (в среднем 250 м с высоты 500 м);
- для проведения плановой съемки необходимо иметь на борту воздушного судна авиационную гиросtabilизированную платформу;
- отсутствие возможности оперативной передачи обзорных снимков высокого разрешения с борта самолета на наземный пункт управления, т.е. снимки высокого разрешения поступают на наземный пункт управления после посадки самолета со значительной временной задержкой,
- базирование на самолете (вертолете), имеющим специальный люк (отверстие).

В то же время опыт, накопленный при создании полезной нагрузки для пилотируемых летательных аппаратов, позволяет разработать средства дистанционного наблюдения для малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (БЛА). При этом необходимо учитывать:

- допустимый вес и габариты полезной нагрузки;

- потребляемую мощность полезной нагрузки;
- возможность дистанционного управления БЛА на расстоянии не менее 300 км;
- возможность передачи данных авиационного наблюдения на наземный пункт МЧС на расстояние не менее 100 км;
- возможность предварительной обработки данных дистанционного наблюдения на борту БЛА;
- возможность осуществлять съемку очага чрезвычайной ситуации в условиях отсутствия или недостаточной видимости, включая наличие дыма при пожаре в лесу и на торфянике.

В последнем случае необходимо решать проблему автоматической навигации БЛА, т.к. оператор не в состоянии осуществлять дистанционное управление при отсутствии видимости в районе мониторинга. При этом необходимо отметить практическую невозможность разработки сценария автономной навигации БЛА при существующей технологии мониторинга чрезвычайной ситуации и отсутствии методик обнаружения очага ЧС, например, кромки огня.

### **3. Перспективная мультиагентная система мониторинга чрезвычайных ситуаций**

Достоинства существующих средств и методов обнаружения чрезвычайных ситуаций природного характера и контроля их распространения во времени предложено реализовать на базе мультиагентной системы мониторинга, включающей средства космического и авиационного базирования, подвижных и стационарных наземных средств [10]. Мультиагентная система разрабатывается на основе анализа требований, предъявляемых к её функционированию, и базируется на следующих принципах [11]:

- единство целей функционирования агентов;
  - соответствие интеллектуальных и функциональных возможностей агентов сложности решаемых задач;
  - единство информационного пространства системы;
  - перестраиваемость сетевой архитектуры, обеспечивающей поддержку единого информационного пространства системы при реализации различных стратегий группового управления;
  - взаимная информационно-логическая совместимость агентов.
- Отсюда следует, что для конкретной задачи мониторинга ЧС необходимо:
- определить цели и задачи мониторинга ЧС с применением мультиагентной системы;
  - определить требования к полезной нагрузке каждого агента системы;
  - разработать технологию обработки данных дистанционного наблюдения агентами системы;
  - выбрать оптимальную структуру (количество и тип полезной нагрузки агентов космического, авиационного и наземного базирования);
  - определить иерархию управления и обмена данными между агентами системы;
  - определить минимальную интеллектуальную нагрузку каждого агента системы с учетом возможностей его бортового (персонального) компьютера и каналов приема/передачи данных между агентами.

В качестве примера рассмотрим перспективную мультиагентную систему мониторинга пожара на торфянике. Особенностью торфяных пожаров является то, что они разгораются и распространяются очень медленно, и могут продолжаться очень долго - в течение месяцев, а иногда даже в течение нескольких лет. Заглубляясь в нижние слои торфа до минерального грунта или уровня грунтовых вод, горение может распространяться на десятки и сотни метров от входного отверстия, лишь местами выходя на поверхность.

Традиционный авиационный метод обнаружения пожара торфяника сводится к визуальному обнаружению дыма и его последующей видеофиксации. Принимая во внимание большую площадь торфяника, специалисту трудно обнаружить границы тепловых аномалий с помощью портативного тепловизионного датчика. Отсюда возникла необходимость разработки интеллектуальной мультиагентной системы обнаружения пожаров на торфянике, которая должна обеспечивать дистанционное наблюдение за торфяниками с целью обнаружения признаков и масштаба подземного возгорания торфа. Основными горючими материалами у торфов являются углерод (52-56 %) и водород (5 - 6%). При этом необходимо иметь ввиду следующие факторы:

1) торф не горит открытым огнем - он тлеет, выделяя большое количество дыма. При этом выделяются угарный и углекислый газы;

2) торфяной пожар может действовать и активно дымить месяцами, включая зимний период года. Количество выделяемого им дыма может в сотни раз превышать количество дыма, выделяемого лесным пожаром сравнимой площади.

Главной и наиболее опасной причиной возникновения торфяных пожаров являются палы (поджоги) сухой травянистой растительности, которые возникают весной или во время летних засух.

Специфика возгорания и распространения огня предъявляют особые требования к системе обнаружения пожаров на торфяниках. Система должна функционировать в двух режимах:

–раннее обнаружение подземного возгорания торфа при отсутствии видимых признаков дыма;

–поиск отверстий выхода дыма и определение координат очагов подземного пожара в условиях сильного задымления.

Первый режим работы системы выполняется по заранее составленному плану. Во втором режиме агенты системы должны работать в автономном режиме в условиях задымленности местности, т.е. отсутствии видимости и повышенной концентрации угарного газа. Отсюда следует, что мобильные объекты системы должны быть интеллектуальными и функционировать в автоматическом режиме. При этом должны быть обеспечены надежная радиосвязь между агентами системы и сетевое управление ими.

Мультиагентная система должна выполнять следующие функции:

– поиск тепловых аномалий на торфянике в условиях его задымления и когда признаки дыма не регистрируются средствами видеонаблюдения;

– автоматическое обнаружение повышенного содержания угарного и углекислого газов на отдельных участках торфяника;

– автоматическое обнаружение дыма на торфянике;

– поиск участков торфяника, содержащих сухую травянистую растительность;

– обнаружение пожара травянистой растительности;

– обнаружение участков торфяника, покрытых водой.

В состав системы входят три агента воздушного и один агент наземного базирования. Агенты воздушного базирования (легкомоторный пилотируемый самолет и БПЛА) оснащены системами навигации, средствами дистанционного наблюдения и связи. Легкомоторный пилотируемый самолет оснащен многоканальной спектральной системой наблюдения в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах, бортовым компьютером, средствами спутниковой навигации и широкополосной радиосвязи.

В задачу агента на базе легкомоторного самолета (агент А1) входят обнаружение с большой высоты дыма и съемка подстилающей поверхности. При обнаружении дыма агент А1 сообщает по радиоканалу агентам А2 и А3, которые базируются на БПЛА, координаты участков местности, на которых обнаружен дым. При отсутствии дыма агент А1 выполняет



съемку подстилающей поверхности в красном и ближнем ИК диапазонах. Данные съемки передаются по радиоканалу наземному агенту А4. Агенты А2 и А3 оснащены тепловизионными камерами, датчиками угарного и углекислого газов и видеокамерой высокого разрешения. Эти агенты на малой высоте выполняют тепловую и видео съемки и регистрируют уровни угарного и углекислого газа. Данные наблюдения агентов А2 и А3 передаются по радиоканалу агенту А1 и наземному агенту А4. Для увеличения дальности радиосвязи агент А1 дополнительно выполняет функции радиоретранслятора.

Наземный агент А4 выполняет следующие функции:

- 1) осуществляет планирование полетов для агентов воздушного базирования;
- 2) обеспечивает оперативное управление агентами воздушного базирования в процессе выполнения ими поставленной задачи;
- 3) обрабатывает данные наблюдения, переданные агентами воздушного базирования, и при этом:
  - выделяет участки торфяника, содержащие сухую травянистую растительность и вычисляет их координаты;
  - выделяет участки торфяника, покрытые водой и вычисляет их координаты;
  - обнаруживает на снимках ИК диапазона тепловые аномалии и вычисляет координаты контуров очагов подземного горения торфа;
  - обнаруживает и вычисляет координаты отверстий выхода дыма;
- 4) по результатам обработки данных воздушного наблюдения осуществляет прогноз пожароопасности торфяника.

Мультиагентная система в режиме раннего обнаружения подземного возгорания торфа должна по данным дистанционного наблюдения контролировать наличие сухой растительности и затопление участков торфяника. Алгоритмы контроля вегетации растений известны, например, [12]. Известны методы обнаружения затопления участков местности в ближнем инфракрасном диапазоне, например, [13, 14]. Проблема применения известных методов обработки данных авиационного наблюдения заключается в сложности их реализации на борту агентов воздушного базирования. Это связано с отсутствием на борту БПЛА высокопроизводительных вычислительных средств. По этой причине предусмотрены два варианта передачи видеоданных наземному агенту А4: по широкополосному радиоканалу и через энергонезависимые носители. В настоящее время интеллектуальную обработку данных воздушной съемки выполняет наземный (стационарный или мобильный) агент системы А4.

#### *Заключение.*

Повышение эффективности функционирования системы оперативного мониторинга источников чрезвычайных ситуаций возможно при совместном использовании данных, полученных от космических, авиационных и наземных средств наблюдения (многоуровневая система). Комплексный подход к применению этих средств позволит оперативно обнаруживать чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера и принимать оптимальные решения по их ликвидации с минимальными затратами.

Методичное применения многоуровневой системы мониторинга будет обеспечивать выполнение функций:

- обнаружения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий;
- обнаружения несанкционированного доступа на объекты магистральных трубопроводов и других режимных территорий;
- мониторинга паводков, половодий и их последствий;
- обнаружения потенциальных источников пожара в лесу и на торфянике, обнаружение утечек тепла на промышленных и жилых объектах;

- мониторинга технического состояния линий электропередачи, дамб, мостов и элементов дорожной сети;

- аэрофотосъемки в видимом, инфракрасном и тепловом диапазонах в интересах отечественных и зарубежных заказчиков.

Использование многоуровневой системы мониторинга ЧС позволит снизить затраты на ликвидацию ЧС, путем предупреждения самого факта ее возникновения либо более эффективного реагирования на ЧС за счет получения сведений об объективной обстановке в зоне ЧС. В свою очередь такие преимущества позволят уменьшить ущерб от социальных, экологических и экономических последствий чрезвычайной ситуации.

Для реализации многоуровневой системы мониторинга ЧС предлагается использовать мультиагентную систему, включающую средства получения, обработки и передачи (приема) данных дистанционного наблюдения. При этом агенты системы (в зависимости от решаемой задачи) могут быть космического, воздушного (пилотируемого и беспилотного) и наземного базирования. Каждый интеллектуальный агент системы является независимым и не обладает полной информацией о всей системе.

Предложенная перспективная мультиагентная система обнаружения торфяных пожаров позволит значительно повысить вероятность раннего обнаружения пожаров на торфяниках и оперативно принимать решения по использованию сил и средств для их ликвидации. Принимая во внимание размеры торфяников в Беларуси, мультиагентная система должна включать один легкий пилотируемый, два беспилотных летательных аппарата, которые имеются на снабжении в МЧС Беларуси.

#### **Список литературы**

[1] Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 26 ноября 1992 г., № 1982-ХІІ // Бизнес-Инфо / ООО «Профession. правовые системы». – Минск, 2018.

[2] О Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь [Электронный ресурс] : Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 июля 2003 г., № 949 // Бизнес-Инфо / ООО «Профession. правовые системы». – Минск, 2018.

[3] Экзарьян, В.Н. Геоэкология и охрана окружающей среды / В.Н. Экзарьян. М.: «Экология», 1997. 172 с.

[4] О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] : Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 апреля 2001 г., № 495 // Бизнес-Инфо / ООО «Профession. правовые системы». – Минск, 2018.

[5] О некоторых вопросах Министерства по чрезвычайным ситуациям [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 29 декабря 2006 г., № 756 // Бизнес-Инфо / ООО «Профession. правовые системы». – Минск, 2018.

[6] Об утверждении Положения о системе мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 19 ноября 2004 г., № 1466 // Бизнес-Инфо / ООО «Профession. правовые системы». – Минск, 2018.

[7] Мурашко Н.И. О совершенствовании системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций/ Вестник УГЗ. Т.3, № 1, 2019. – С. 90 – 96.

[8] Мурашко, Н.И. Обнаружение последствий чрезвычайных ситуаций по данным авиационного мониторинга /А.В. Андреевко, Н.И. Мурашко, К.А. Романович. // Материалы VII Белорусского космического конгресса. - Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2017. – Т.2. – С. 99 – 102.

[9] Мурашко, Н. И. Система обработки данных аэрокосмического мониторинга / Н. И. Мурашко, А. А. Иванов, А. В. Андреевко // BIG DATA Advanced Analytics: collection of materials of the fourth international scientific and practical conference, Minsk, Belarus, May 3 – 4, 2018 / editorial board: M. Batura [etc.]. – Minsk, BSUIR, 2018. – P. 278 – 282.

[10] Л.А. Белозерский, Н.И. Мурашко, Л.В. Орешкина. Мультиагентная система обнаружения торфяных пожаров/ Н.И. Мурашко, Л.А. Белозерский, Л.В. Орешкина// Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям IS&IT'16. Научное издание в 3-х томах. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. - Т. 1.- С. 201-205.

[11] Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.В., Романов М.П. Интеллектуальные системы управления автономными мобильными роботами/ Мехатроника, автоматизация, управление №2, 2008.

- [12] Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М.: Техносфера, 2008.- 312 с.
- [13] Шовенгард Р.А. Дистанционного зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2013. -592 с.
- [14] Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования. М.: Техносфера, 2006.- 336 с.

## **MULTI AGENT SYSTEM FOR A MONITORING AND FORECASTING EMERGENCY SITUATIONS**

***N. I. MURASHKO***

Leading Researcher

United Institute of Informatics Problems  
National Academy of Sciences of Belarus.

Ph Doctor assistant professor

***A.V. ANDREENKO***

Chief Specialist

Republican Emergency Management and  
Response Centre of the MES of the Republic

of Belarus

*United Institute of Informatics Problems National Academy of Sciences of Belarus,  
Republican Emergency Management and Response Centre of the MES of the Republic of Belarus*

**Abstract.** Traditional methods for detecting and predicting natural emergencies based on remote monitoring data have significant drawbacks due to weather conditions, spectral, spatial and temporal resolution of remote monitoring data, lack of methods, algorithms and software for joint processing of information from different sources. The effectiveness of detection and forecasting of emergency situations is significantly increased with a multi-level monitoring system, including the receipt and joint processing in real time of space, aviation and ground-based observation data. To implement a multi-level system for detecting and forecasting emergency situations, it is proposed to use a multi-agent monitoring system, each agent of which is intelligent, independent and does not have information about the entire system.

**Keywords:** multi-agent monitoring system, emergency situations, space and airborne surveillance equipment, visible and infrared images, natural fires.