

**В.К. Абросимов**

(Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет));

e-mail: avk787@yandex.ru)

## **ПРИНЦИПЫ И СИСТЕМА ТРАНСГРАНИЧНОГО МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ**

*При чрезвычайных ситуациях в приграничных зонах предлагается осуществлять мониторинг совместными международными группировками авиационных средств. Разработаны ключевые принципы, меры транспарентности и доверия такой системы. Разработан алгоритм функционирования международной авиационной группировки для решения задач трансграничного мониторинга.*

*Ключевые слова: летательный аппарат, мониторинг, трансграничность, модель, чрезвычайная ситуация, управление.*

**V.K. Abrosimov**

## **THE PRINCIPLES AND CROSS-BORDER TERRITORY MONITORING SYSTEM USING AIRCRAFTS**

*The monitoring by means of international aviation groups for analysis cross-border emergency situation is offered. The key principles, measures of transparency and the credibility of such a system are developed. The algorithm of functioning of the international aviation group for solving cross-border monitoring tasks is created.*

*Key words: aircraft, monitoring, cross-border, model, emergency, control.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 13 августа 2015 г.

### **Трансграничный мониторинг как новый предмет исследования и практической реализации**

В современном мире границы, исторически рассматриваемые как некоторые преграды для другого государства, теряют своё значение. Приграничные территории стали восприниматься как экономические, социальные, культурные зоны, в которых решаются некоторые общие для двух и более стран задачи. Система границ стала эволюционировать от физически прочерченных географических линий – к множеству пространств взаимодействия, в которых реализуются взаимосвязи приграничных социумов. Так, например, общие интересы, связанные с реками, по которым проходят государственные границы, включают рыболовный промысел, орошение, функционирование экосистемы, отдых, гидрогенерацию, мероприятия по предотвращению паводков и защите от наводнений и др. По существу при этом осуществляется совместное управление бассейнами рек [1].

Появился и используется сравнительно новый термин для описания деятельности в приграничных территориях – трансграничность. Важнейшим свойством трансграничности является проницаемость и прозрачность границы, а, следовательно, её условность. Трансграничный регион (trans – от латинского trans-border- простирающийся через пространство) разделен суверенитетом соседствующих государств, обладает комплексом национальных, региональных,

информационных элементов с собственными характеристиками, отражает их историко-культурное своеобразие, взаимодействует между сопредельными приграничными регионами для сохранения управления и развития своего "жизненного" пространства, форматируется государственной административно-территориальной границей.

Все чаще национальным организациям, отвечающим за ликвидацию последствий ЧС, приходится сталкиваться с природными и техногенными условиями возникновения и развития ЧС, которые могут иметь трансграничные последствия [2]. В такой обстановке необходимо организовывать трансграничное взаимодействие государственных служб различных государств. В ситуациях, когда национальная система реагирования на ЧС недостаточно развита, или если масштаб ЧС превосходит возможности ликвидации собственными национальными силами и средствами, организация взаимодействия с сопряжёнными государствами по защите населения, осуществление взаимобмена оперативной информацией, создание межгосударственных систем помощи и др. является необходимым и обязательным элементом оказания гуманитарной помощи, доставки различных грузов и эффективной решения задач по предупреждению и устранению последствий ЧС.

**"Трансграничной чрезвычайной ситуацией" (ТЧС)** будем называть ситуацию, в которой произошли необычные события значительной важности, последствия которых затрагивают экономические, природные, демографические и иные интересы приграничных государств, и требующие срочного вмешательства для их преодоления. Под **"зоной потенциальной трансграничной чрезвычайной ситуации"** будем понимать географические пространства вдоль границы, захватывающие как географические области, так и населённые пункты в соседних государствах, в пределах которых наблюдаются процессы и явления, связанные с возможностью возникновения чрезвычайной ситуации и необходимостью взаимодействия соседних стран с учётом их национальных интересов.

При анализе трансграничной чрезвычайной ситуации должны учитываться следующие факторы: страны, на границах которых произошла ТЧС, степень влияния масштабов ТЧС на соседнее государство, возможности отдельных государств по самостоятельной ликвидации ТЧС на своей территории, готовность к образованию коалиции для совместной ликвидации ТЧС и др.

**"Трансграничным мониторингом"** будем называть процессы наблюдений и анализа с целью получения достоверной информации о текущей ситуации в приграничном регионе, возникновении, развитии и ликвидации последствий ТЧС с обменом информацией между сопредельными странами. Суть задач мониторинга традиционна: в основу закладывается сбор и анализ информации о чрезвычайной ситуации, последующее информирование лиц, ответственных за принятие решений, обеспечение оперативной информацией для корректировки действий аварийно-спасательных служб. Вместе с тем, эффективность национальных систем мониторинга ТЧС существенно снижается при ТЧС на приграничных территориях. Действительно, зона ТЧС захватывает сферу

ответственности нескольких государств. Особенность заключается в том, что обеим сторонам необходима информация, но национальными техническими средствами можно получить лишь её часть. Основную неопределённость вносит объективный недостаток информации о конкретных условиях ТЧС, часть которой может фиксироваться лишь в регионе, недоступном для наблюдения национальными техническими средствами.

С точки зрения ТЧС трансграничный регион можно описать тремя основными характеристиками: протяжённостью (длиной вдоль границы), шириной (глубиной от границы) и насыщенностью (плотностью на данный момент и интенсивностью во времени возможных последствий ТЧС). Характерными особенностями являются также существенная неравномерность распределения опасности в зоне ТЧС, возможность распространения ЧС на территории двух и более приграничных государств, высокая вероятность возникновения областей с наибольшей плотностью последствий ТЧС, наличие источников ЧС на территориях соседних государств, значительные масштабы распространения ЧС, информацию о которых не всегда выгодно раскрывать.

Применяемые в настоящее время традиционные меры (расширение приграничного сотрудничества, совершенствование и углубление профессионального взаимодействия между службами предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций государств, взаимообмен оперативной информацией об обстановке на территориях, организация межгосударственного уведомления и оповещения о чрезвычайных ситуациях и др.) являются безусловно важными, но недостаточными, так как степень доверия к получаемой информации должна быть максимальной, но объективно не может являться таковой.

В связи с этим возникает задача построения системы трансграничного мониторинга, отвечающей интересам всех приграничных государств.

### **Принципы международного трансграничного мониторинга**

Определим пять ключевых принципов создания такой системы.

1. Государства решают задачи предупреждения и мониторинга ТЧС совместно.
2. Государства создают единое хранилище информации о ТЧС с согласованным составом и объёмами данных по результатам мониторинга.
3. Каждое государство проводит мониторинг своей области приграничной территории самостоятельно, но непрерывно обмениваясь информацией с другими приграничными государствами.
4. Для реализации процессов мониторинга государства создают международную группировку средств мониторинга, включая в неё национальные технические средства (космические, авиационные и др.).
5. Государства в процессе мониторинга реализуют меры доверия и контроля, предоставляя противоположной стороне возможность периодического осмотра объектов и собственной национальной территории в зонах ТЧС в согласованных объёмах и в согласованное время.

## **Использование авиационных средств в задачах трансграничного мониторинга**

Основная инновационная идея заключается в том, чтобы задача трансграничного мониторинга ТЧС решалась не отдельными национальными техническими средствами, а *совместными международными группировками национальных средств* с обменом информацией в режиме on-line и использованием единой базы данных по ТЧС. Такая группировка должна быть достаточно динамичной для оперативного отслеживания ситуации и гибкой для оперативной реакции на её изменения. Как представляется наилучшим решением, по крайней мере на первом этапе, является группировка, состоящая из авиационных средств – самолётов, вертолётов, беспилотных летательных аппаратов и др. Ключевыми возможностями авиации являются чёткая и всесторонняя проработка объективной картины ТЧС, оперативное обновление данных об обстановке в воздухе и на земле, гибкое реагирование на непрогнозируемые изменения окружающей обстановки и минимизация человеческих ресурсов для решения задач мониторинга. Особо интересным является использование дистанционно-управляемых или даже автономных *беспилотных летательных аппаратов* [3]. Эффективность применения таких средств для мониторинга трансграничных ситуаций выше, чем у систем, основанных на пилотируемых средствах (меньшие затраты по топливу, возможность более продолжительных полётов, обеспечение безопасности людей в сложных условиях и др.) и у космических средств мониторинга (последние недостаточно хорошо функционируют в условиях, например, темноты, задымлённости, облачности).

Логически можно определить основные задачи отдельного национального авиационного средства (*летательного аппарата – ЛА*), осуществляющего мониторинг и входящего в состав международной группировки. Он должен, выполняя общую международную коллективную задачу, осуществлять автономное функционирование в пределах собственной территории, обмениваться информацией с ЛА другой страны, выполнять функции контроля информации, предоставляемой другим государством, принимать оперативные решения в процессе полёта и при необходимости выполнять задачи ЛА другого государства, если он по каким либо причинам оказывается неспособным к функционированию. Группировка, состоящая из совокупности таких ЛА, должна с одной стороны, управляться коллективно, а с другой-каждый ЛА должен быть достаточно самостоятельным в своих действиях.

При движении пространственно-временная ситуация может сложиться благоприятно для одних ЛА и неблагоприятно для других, что потребует отказа от ранее решаемых задач и переориентации на решение других задач. В обязательства ЛА может включаться готовность взять на себя задачу достижения цели, которую по различным причинам другой ЛА не может выполнить. Обязательства могут также выстраиваться как своего рода иерархическая структура, когда между объектами устанавливается некоторая иерархия по управлению; тогда обязательства определяются из условий подчинённости. Указанное не исключает и определённой автономности ЛА, что зависит, однако, от задач, выполняемых всей группировкой.

## Меры транспарентности в зоне трансграничной чрезвычайной ситуации

В настоящее время принципиальным подходом при возникновении ТЧС в приграничных территориях является самостоятельное решение проблем каждым государством с дополнительным (при наличии договоренностей или доброй воли) режиме информационных уведомлений другой стороны. Однако для выработки наиболее эффективных мер по снижению последствий от ТЧС информации уведомительного характера может быть недостаточно; в ряде случаев объективные погрешности и ошибки другого государства в предоставлении данных могут даже стать критическими.

В связи с изложенным возникает ряд вопросов, чувствительных для каждого из участников процесса мониторинга. К числу основных и наиболее трудно решаемых отнесём следующие:

1. Необходимость получения качественной и достоверной информации о характеристиках ТЧС на территории другого государства.

2. Необходимость организации взаимодействия между государствами по мониторингу трансграничных территорий с высоким доверием к качеству информации друг друга.

3. Проведение мониторинга национальными силами и средствами, возможно несоизмеримыми как по возможностям, так и по качеству предоставляемой информации.

4. Принятие решений и осуществление всех действий в условиях крайне ограниченного времени.

В современных международных отношениях все большее значение придаётся такой относительно новой форме взаимодействия государств, как транспарентность (меры открытости, меры доверия). В дипломатической практике разнообразные меры доверия применяются давно. Английский термин "transparency" в русском языке имеет много синонимов: "прозрачный, ясный, отчетливый, откровенный, искренний, честный". Транспарентность часто связывается с некоторой юридически закреплённой системой мер доверия, которые стороны добровольно принимают к исполнению. В ситуациях, когда декларируемые цели и задачи сторон совпадают, а реальные расходятся, когда стороны решают по существу общие задачи, но при этом отстаивают собственные интересы, меры транспарентности являются необходимыми.

В международной переговорной практике существует термин "меры доверия и контроля". "**Мерами трансграничного контроля**" будем называть технические и организационные верификационные механизмы, подтверждающие достоверность информации о ЧС на территории пограничного государства. По существу меры контроля сводятся к разрешению инспекций объектов и пространств на территории другого государства с образованием и развитием ЧС посредством использования разнообразной аппаратуры

"**Мерами трансграничного доверия**" будем называть коллективные или односторонние акции государств, направленные на повышение качества предоставляемой сопредельным государствам информации о ЧС. Выполнение мер

доверия не требует обязательного контроля, либо они объективно не поддаются такому контролю. В этом контексте меры доверия преследуют цель существенно снизить требования к инспекционно-контрольному механизму проверки выполнения обязательств сторонами, не устраняя, однако, такие механизмы.

Применительно к задачам трансграничного мониторинга целесообразно представить следующие **меры доверия и контроля**.

1. Инспекции. Обеспечение регулярного доступа специалистов другой страны в зону ЧС, расположенную на территории другого государства.

2. Уведомления. Заблаговременное уведомление сопредельного государства о событиях, фактах, действиях другой стороны, касающихся ЧС.

3. Информация. Предоставление сопредельному государству заблаговременно согласованных конкретных фактических данных (обмен информацией) о ЧС и его характеристиках.

4. Наблюдаемость. Обеспечение для другой стороны возможности наблюдения с помощью соответствующих национальных технических систем контроля за зоной ЧС, находящейся на территории другого государства

5. Гарантии. Предоставление определённых письменных или устных гарантий стороне в вопросах взаимодействия в процессе мониторинга и ликвидации последствий ЧС.

Если исключить все меры, реализуемые до начала появления ТЧС, то наилучшими техническими средствами, реализующими в процессе мониторинга меры контроля являются авиационные и космические средства-самолёты, вертолёты, беспилотная авиация, космические аппараты, что подтверждает сказанное ранее.

### **Разработка мер доверия для совместной работы в зоне трансграничной чрезвычайной ситуации**

Для повышения степени доверия при трансграничном мониторинге, если одна из сторон имеет озабоченности относительно действий или информации другой стороны, то ей необходимо предоставить право запросить облёт соответствующих объектов на территории сопредельной стороны. Пусть в ряде объектов информация подтверждается, а в других – нет. Такая ситуация может отражаться при моделировании коэффициентом доверия.

Рассмотрим класс мер доверия при работе в зонах трансграничных ТЧС. К нему относим меры доверия, основанные на предоставлении заранее согласованной определенной информации о ТЧС. На практике такой информацией являются информационные сообщения о а) возможности ТЧС б) начале ТЧС и в) масштабах ТЧС. В рамках информации каждой  $j$ -й группы сторона "В" должна предоставить информацию стороне "А" об оговорённых условиями соответствующих соглашений связанных с ТЧС событиях. При этом нельзя исключать, что сторона "В" будет скрывать часть информации (причины такого возможного поведения являются предметом отдельного рассмотрения). Предполагается, что другая сторона "А" с помощью национальных технических средств имеет возможность получать информацию по этим же событиям и сравнивает её с информацией стороны "В", подтверждая или опровергая её.

Показателем эффективности указанных мер доверия  $j$ -й группы может служить отношение  $\mathcal{E}_j = \sum_i^N A_{ij} / \sum_i^N B_{ij}$ , где  $\sum_i^N B_{ij}$  – суммарное количество  $i$ -х фактов  $j$ -й группы мер доверия относительно ТЧС, предоставленных стороной "B",  $\sum_i^N A_{ij}$  – суммарное количество  $i$ -х фактов  $j$ -й группы мер доверия относительно ТЧС, подтвержденных стороной "A".

Если сторона "A" в процессе контроля установила, что сторона "B" её информировала неправильно, то показатель эффективности мер доверия будет снижаться. Отразим это введением коэффициента доверия  $\xi_j^{ab}$  стороны "A" к стороне "B" по  $j$ -й группе мер. Тогда формула приобретёт вид:  $\mathcal{E}_j = \sum_i^N (\xi_j^{ab} \times A_{ij}) / \sum_i^N B_{ij}$ . По всем  $G$  ( $j = 1, 2, 3$  для рассматриваемого случая) группам мер доверия можно записать выражение для суммарного коэффициента эффективности, например, в виде  $\lambda^{ab} = \sum_j^G \{ \sum_i^N (\xi_j^{ab} \times A_{ij}) / \sum_i^N B_{ij} \} / G$ . Коэффициенты доверия стороны "A" к стороне "B"  $\lambda^{ab}$  и  $\xi_j^{ab}$  могут выражаться либо числовыми (детерминированными, вероятностными, нечёткими), либо лингвистическими переменными [4]. В последнем случае они сводятся к числовым переменным с помощью операций фаззификации и дефаззификации [4].

### **Алгоритм функционирования международной группировки авиационных средств**

Сформируем международную группировку ЛА для проведения трансграничного мониторинга. Включим в неё с каждой стороны технические средства мониторинга (самолёты, беспилотные летательные аппараты, космические аппараты и др.). Будем рассматривать международную группировку как совокупность национальных ЛА. Они функционируют параллельно и взаимодействуют друг с другом. Зафиксируем количественный состав международной группировки:  $N_A$  летательных аппаратов страны  $A$  и  $N_B$  летательных аппаратов страны  $B$ .

Определяющим преимуществом мониторинга в трансграничной зоне ЧС посредством международной группировки является возможность изменения целей движения национальных ЛА в условиях, когда ЛА другой стороны по тем или иным причинам не способны решить коллективную задачу с требуемой степенью достоверности (ограничения по зоне досягаемости, по количеству используемых средств, по возможностям технических средств мониторинга и др.). В этом случае часть коллективной задачи решается теми средствами, которые имеют соответствующие технические возможности независимо от национальной принадлежности. Такие решения, конечно же, тесно связаны с высокой мерой доверия сторон друг к другу.

Приведём основные положения стандартного алгоритма функционирования международной группировки технических средств мониторинга зоны ТЧС.

1. Каждая сторона самостоятельно изучает зону потенциальной ТЧС с использованием собственных национальных технических средств и формирует априорную информацию, "выкладывая" её на электронную доску объявлений в согласованном формате (целесообразно, дополнительно к авиационным, использовать и космические средства мониторинга, если сторона ими обладает).

2. При возникновении ТЧС формируется международная группировка в составе выделяемых каждой стороной ЛА, образующих национальные группы.

3. Каждая национальная группа ЛА самостоятельно производит целераспределение по своей территории в зоне потенциальной или происшедшей ТЧС, назначая и закрепляя объекты мониторинга за соответствующими национальными ЛА (см, например, соответствующие алгоритмы в работе [5]).

4. В процессе мониторинга (облета) собственной территории в режиме on-line на электронной доске объявлений ЛА считывает информацию о ТЧС на объектах мониторинга и на трассе между объектами и в согласованном формате выкладывает на "доску объявлений" информацию о своём состоянии (текущее положение, намерения, возможности и др.).

5. Каждый либо выбранные национальные ЛА из состава международной группировки могут совершать согласованные контрольные полёты над территорией другой стороны для подтверждения доверия к данным, поступающим в единое хранилище данных о ТЧС. Разрешение на использование ЛА вне национальной территории может быть запрошено через национальный центр управления кризисными ситуациями, либо выполняться автоматически, если такие договоренности достигнуты до начала мониторинга.

6. В случае, если какой-либо ЛА из состава международной группировки не способен выполнить часть коллективной задачи (слабые возможности бортового оборудования, нехватка топлива, сложные условия наблюдения и др.) он фиксирует указанную проблему на "электронной доске объявлений", объявляет себя "жертвой" (по терминологии многоагентных систем [6]) и возвращается на национальную базу.

7. В соответствии с принятой моделью кооперации все ЛА проводят виртуальные "переговоры", в процессе которых выбирается ЛА, способный заменить "жертву" при выполнении данной части коллективной задачи. Осуществляется перераспределение и закрепление целей за соответствующими летательными аппаратами.

8. Если возможностей для мониторинга оказывается недостаточно, то группировка наращивается дополнительными ЛА либо пересматриваются условия мониторинга (его масштабы, периодичность облёта и др.).

## Заключение

Существуют проблемы, решение которых в рамках традиционных парадигм невозможно. К числу таких проблем относится трансграничный мониторинг ЧС в условиях, когда стороны по различным причинам не могут самостоятельно преодолеть чрезвычайную ситуацию и заинтересованы в помощи другой стороны. При этом существуют разнообразные ограничения политического, экономического, социального и иного характера, требующие введения мер доверия. В такой ситуации предлагается решать задачи трансграничного мониторинга не отдельными национальными техническими средствами с последующим обменом информацией друг с другом, а совместными группировками автономных летательных аппаратов. С экономической точки зрения целесообразно при этом применять беспилотные летательные аппараты.

Особенность предлагаемого подхода состоит в том, что мониторинг в зоне ТЧС возлагается на международную группировку средств, состоящую из групп национальных летательных аппаратов, различающихся как количеством, так и их возможностями. При этом индивидуальное поведение отдельных ЛА для решения коллективной задачи является существенным и определяющим.

Необходимую информацию о ТЧС предлагается фиксировать на электронной доске объявлений с общим доступом к ней и возможностью оценки достоверности информации. Для подтверждения достоверности предложено реализовывать меры доверия с контролем сторонами друг друга путём периодических согласованных облётов зоны ЧС, находящихся на территории другого государства.

Наиболее существенным ограничением на использование предлагаемых международных группировок летательных аппаратов является разрешение пересечения границ летательными аппаратами другого государства. Однако для условий мониторинга, предупреждения и ликвидации последствий трансграничных чрезвычайных ситуаций соответствующие решения должны быть подготовлены на этапе создания обсуждаемых международных группировок.

Результаты статьи целесообразно использовать в деятельности по интеграции национальных систем противодействия чрезвычайным ситуациям, в процессе совместного осуществления международных и межгосударственных проектов и программ, мероприятий, инициатив по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций и уменьшению их масштабов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-08-00721-а.

## Литература

1. *Buijs Paul*. Project: Development of a Transboundary Environmental Monitoring System (2007-2011) // Society for the Protection of Prespa, 2011. [http://www.spp.gr/spp/index.php?option=com\\_content&view=article&id=63&Itemid=68&lang=en](http://www.spp.gr/spp/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=68&lang=en).
2. *Отчёт* о предварительных результатах проведённого комплексного учения с органами управления и силами РСЧС 23-26 апреля 2013 года, подготовленный научно-исследовательскими группами филиалов ФГБУ ВНИИ ГО ЧС (ФЦ). М.: ВНИИ ГО ЧС МЧС России, 2013. 459 с.
3. *Разработка* научно-методических подходов и технологии использования беспилотных летательных аппаратов в лесном хозяйстве // Отчёт о научно-исследовательской работе. Пушкино: Авиалесоохрана, 2010. 105 с.
4. *Lughofer Edwin*. Evolving Fuzzy Systems, Methodologies, Advanced Concepts and Applications Series: Studies in Fuzziness and Soft Computing, Vol. 266, XXIV, 456 p.
5. *Abrosimov V., Ivanov V., Krechin M.* Recurrent Vehicle Routing Problem for Fleet of Vehicles, International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 2015, in print.
6. *Абросимов В.К.* Групповое движение интеллектуальных летательных аппаратов в антагонистических средах. М.: изд. дом "Наука", 2013. 168 с.