

Основные результаты и направления развития космического мониторинга ЧС в Казахстане

О.П. Архипкин, Г.Н. Сагатдинова

*Институт космических исследований имени академика У.М. Султангазина
Национальный центр космических исследований и технологий, Алма-Ата, Казахстан
E-mail: oarkhipkin@rambler.ru, gulshatn@rambler.ru*

Дается характеристика действующей системы космического мониторинга ЧС в Казахстане, включающей мониторинги схода снежного и ледяного покрова, прохождения паводковых вод и наводнений, пожаров. Приводится описание геопортала космического мониторинга ЧС, его структуры, технологии обновления выставляемых на геопортал результатов мониторинга и метеоданных (поля ветра), ранжирования очагов пожаров по степени потенциальной опасности. Рассмотрены возможности использования формата Geo pdf при передаче результатов космического мониторинга ЧС пользователям. Указаны основные направления развития космического мониторинга ЧС в ближайшем будущем.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, космический мониторинг, чрезвычайные ситуации, очаги пожаров, пострадавшие от пожаров площади, зоны затопления, геопортал, формат Geo – pdf, поля ветра.

Введение

В Казахстане результаты космического мониторинга ЧС достаточно широко используются в практической деятельности органов ЧС. Наиболее востребованы данные оперативного космического мониторинга пожаров, которым уже охвачены практически 12 областей из 14. Эти данные активно используются местными органами ЧС для принятия оперативных мер по ликвидации пожаров, для выяснения виновных в пожарах, нанесших крупный ущерб. Для 7 областей проводится регулярный оперативный мониторинг схода снежного и ледового покрова и прохождения паводковых вод, включая мониторинг динамики водной поверхности крупных водохранилищ. При этом для бассейна реки Сырдарья такой мониторинг проводится и осенью, и в зимний период.

Результаты космического мониторинга в настоящее время передаются непосредственно всем заинтересованным организациям по электронной почте. Параллельно начали развивать и другой путь распространения данных космического мониторинга ЧС через Интернет посредством геопортала космического мониторинга ЧС, который разрабатывается с 2010 г. Пока использование геопортала носит в основном информационный характер, но уже в ближайшее время он станет основным источником передачи данных с разграничением путем паролирования прав доступа.

Краткая характеристика действующей системы оперативного космического мониторинга ЧС в Казахстане

ИКИ развивает технологии космического мониторинга ЧС уже более 10 лет, делая упор на активное внедрение его результатов в практическую деятельность органов ЧС различного уровня (Архипкин, Сагатдинова, 2008; Arkhipkin, Sagatdinova, 2008;

Arkhipkin et al., 2010; Spivak et al., 2010). На республиканском уровне в пожароопасный период ежедневно высылаются данные о крупных пожарах в Кризисный центр МЧС РК, Казлесавиаохрану и Республиканское пожарное управление. Опираясь на эти данные, МЧС РК контролирует через свои областные управления ход тушения этих пожаров. Раз в квартал формируется аналитическая записка с анализом ситуации с пожарами за квартал, в которой приводится динамика очагов крупных пожаров на территории республики в целом и в разрезе областей с приложением карт очагов пожаров, таблиц и диаграмм.

Что касается паводков, то информация о зонах затопления в каком-либо регионе Казахстана передается в МЧС РК по их просьбе при возникновении там критической ситуации. Раз в год формируется аналитическая записка с анализом итогов схода снежного и ледяного покровов и прохождения паводковых вод на территории ряда областей Казахстана, включающая динамику затопленных площадей в разрезе областей и динамику заполнения крупных водохранилищ.

На областном и районном уровнях в зимне-весенний период ежедневно в оперативном режиме в областные и районные органы отправляются карты схода снежного и ледяного покрова; прохождения паводковых вод и наводнений, включая картирование зон затопления. Периодически формируются также обзорные (за декаду, месяц, сезон) карты зон затопления, а также данные о динамике заполнения водной поверхности крупных и средних водохранилищ. В особую задачу выделен контроль динамики заполнения Гидрокомплекса Чардаринское водохранилище – Коксарайский противопаводковый контррегулятор, который в 2011 г. введен в промышленную эксплуатацию для снижения риска затопления паводковыми водами территорий в среднем течении реки Сырдарья.

В пожароопасный период на том же уровне оперативно передаются 2–3 раза в день данные об очагах пожаров с привязкой к населенным пунктам и таблица с указанием их координат, расстояния и азимута от ближайшего населенного пункта до них, которые используются местными органами для организации локализации и тушения пожаров. Примерно раз в декаду формируются данные о выгоревших и пострадавших от пожаров площадях с указанием старых и новых гарей. По окончании пожароопасного сезона формируются обзорные карты, а также таблицы и диаграммы, отражающие динамику развития ситуации с пожарами за сезон. В течение сезона такие же данные периодически формируются по просьбе заказчиков для какого-либо конкретного периода и для конкретной области.

В качестве базовых при космическом мониторинге и паводков, и пожаров используются ДДЗ MODIS. Периодически привлекаются данные среднего разрешения, а в особо кризисных ситуациях данные высокого и сверхвысокого разрешения. При мониторинге паводков активно используются радарные данные (в основном RADARSAT), так как часто в этот период наблюдается высокая облачность.

Как сказано выше, пока результаты космического мониторинга ЧС оперативно доводятся то пользователей посредством электронной почты, однако сейчас стоит вопрос об использовании более современных путей их передачи.

Развитие геопортала космического мониторинга чрезвычайных ситуаций

Наиболее перспективным новым разрабатываемым направлением передачи данных космического мониторинга ЧС является предоставление таких данных посредством геопортала. Работа геопортала базируется на системе управления реляционными базами данных Microsoft SQL Server, разработанной корпорацией Microsoft. Она использует язык запросов Transact-SQL, являющийся реализацией стандарта ANSI/ISO по структурированному языку запросов SQL. Первоначально рабочая версия геопортала была создана на базе Web-ГИС технологии Геомиксер (СКАНЕКС). Она и сейчас используется в геопортале общего пользования.

В настоящее время формируется специализированная версия геопортала с помощью программного обеспечения, находящегося в свободном доступе с открытым исходным кодом, в том числе с использованием комплекса пространственной базы географически привязанных данных Postgre SQL/PostGIS. Тем самым снимается вопрос с лицензированием и тиражированием при разработке территориальных и республиканских ситуационных центров космического мониторинга, чье функционирование также будет обеспечиваться с помощью специализированного геопортала.

Специфика отображаемой информации и направленность на обеспечение ею прежде всего государственных структур, чья деятельность требует своевременного получения данных о ЧС, обуславливает разграничение прав доступ к ней. Часть информации находится в закрытом доступе и предоставляется с помощью паролирования тем организациям, которые имеют права доступа к ней. В первую очередь это органы ЧС различного уровня (республиканского, областного, районного). Таким организациям предоставляется наиболее полный доступ к картографической, атрибутивной и иной информации, в том числе имеющей закрытый и ограниченный характер. Такой подход отражается при построении структуры геопортала.

Структура геопортала космического мониторинга ЧС в Казахстане

В зависимости от уровня доступа (закрытый или открытый) структура геопортала может иметь существенные отличия, но эти отличия проявляются на последнем структурном уровне, где собственно и представлены результаты космического мониторинга ЧС. Так как эти результаты представляют собой векторные данные, то для их визуализации используется подложка, в качестве которой используются картографическая топооснова, рельеф и космоснимки. В последнем случае основной считается мозаика из космоснимков Landsat.

Первый структурный уровень собственно данных по ЧС образуют слои: мониторинг снежного покрова, мониторинг ледового покрова, мониторинг паводков, мониторинг пожаров, нефтяные разливы. На этом же уровне созданы дополнительные слои – ветер и засуха, которые полезны для оценки потенциальной угрозы распространения пожаров. В первом приводятся текущие и прогнозные данные по ветру на сутки с интервалом 3 часа (см. ниже). Во втором приводятся данные о состоянии растительности.

Вторым уровнем в слоях ЧС, кроме пожаров, является. В пожарах второй уровень составляют слои: мониторинг очагов пожаров, очаги крупных пожаров, мониторинг выгоревших площадей. Третьим уровнем в снежном и ледовом покрове являются восьмидневные данные в открытом доступе и оперативные ежедневные в закрытом, в паводках – наименование области или региона, в нефтяных разливах – обнаруженные разливы на конкретную дату, в пожарах – год.

Четвертым уровнем в паводках были в открытом доступе вначале декадные обзорные данные, затем восьмидневные, а в закрыт – оперативные ежедневные данные. Кроме того, выставляются данные, полученные по радарным и оптическим космоснимкам среднего разрешения на конкретную дату. Четвертым уровнем в мониторинге очагов пожаров являются данные по очагам, полученные после каждого пролета MODIS, а в очагах крупных пожаров и мониторинге выгоревших площадей – декадные данные. Отличие данных по очагам пожаров от уровня доступа в первом случае состоит в том, что в закрытом доступе эти данные представлены более полно и подвергаются еще дополнительной обработке.

Результаты космического мониторинга ЧС, выставляемые на геопортале, сопровождаются атрибутивной информацией, которая высвечивается при нажатии на интересующий объект курсором. В частности, для очагов пожаров для всех уровней доступа высвечивается дата съемки, время, наименование спутника, координаты, а для закрытого уровня – еще наименование ближайшего населенного пункта, азимут и расстояние между ними.

Именно данные последнего уровня регулярно должны обновляться и задача состоит в том, чтобы время загрузки этих данных на геопортал свести к минимуму.

Оперативное обновление данных на геопортале космического мониторинга ЧС

По результатам космического мониторинга ЧС выходные данные формируются двух видов: оперативные и обзорные. Оперативные предназначены для быстрого определения характеристик обнаруженных ЧС и передачи этой информации местным органам, занимающимся их локализацией или ликвидацией. Обзорные представляют собой обобщенную суммарную характеристику ЧС, зафиксированных на какой-либо конкретной территории (республика, область) за определенный период времени (неделя, 8 дней, декада, месяц, сезон и т.д.). Из этих определений следует, что более жесткие требования по оперативности обновления на геопортале должны предъявляться к оперативным данным.

В свою очередь оперативные данные также можно условно разделить на два типа. К первому относятся данные, которые носят в основном информационный характер о ситуации в целом и не требуют принятия оперативных мер. К таким данным относятся данные о сходе снежного и ледяного покрова, а также данные о прохождении паводковых вод при отсутствии кризисных ЧС. Ко второму типу относятся данные, содержащие информацию о ЧС, требующих принятия оперативных мер по их локализации или ликвидации. Это прежде всего оперативные данные об активных очагах пожаров, которые занимают

значительную часть всех пространственных данных. Именно к ним предъявляются максимально жесткие требования к оперативности обновления на геопортале.

Повышение оперативности обновления данных достигается путем автоматизации процессов предварительной и тематической обработки ДДЗ, а также автоматизации процесса загрузки результатов этой обработки на геопортал. В частности, были автоматизированы две дополнительные процедуры обработки ДДЗ при мониторинге пожаров: выборка с полного пролета MODIS части, относящейся к Казахстану и приграничным с ней территориям, что уменьшает объем обрабатываемых данных и ускоряет процесс их обработки; очистка вектора очагов пожаров от постоянных источников высоких температур, связанных в основном с промышленной деятельностью.

В результате автоматизации всех процессов время загрузки новых оперативных данных по очагам пожаров на геопортал составляет 30–40 минут после получения космоснимков. Такое время уже позволяет использовать геопортал в качестве инструмента передачи этих данных пользователю.

Оперативное обновление метеоданных на геопортале космического мониторинга ЧС

Как уже говорилось выше, на геопортале формируются также дополнительный слой «ветер», полезный для оценки потенциальной угрозы распространения пожаров. Он содержит информацию о величине скорости и направлении ветра. Эти данные берутся из глобальной модели Global Forecast System (GFS), данные о которой имеют открытый доступ с сайта NCEP (National Centers for Environmental Prediction) и обновляются 4 раза в день (00:00, 06:00, 12:00 и 18:00 UTC) с прогнозом на 384 часа при пространственном разрешении 0,5° (Global Forecast System).

Сайт NCEP содержит огромный объем информации. Из него для оперативной загрузки на геопортал скачиваем только файлы, содержащие информацию о скорости и направлении ветра на высоте 10 м (наименьшая высота в метеоданных) в формате grib, который является официальным форматом Всемирной метеорологической организацией (What is GRIB). Из grib файлов выделяются горизонтальные u-компоненты, описывающие поля ветра с востока на запад, и вертикальные v-компоненты, описывающие поля ветра север–юг, составляющие скорости ветра для территории Казахстана и прилегающих территорий.

На основе u- и v-компонент по рекомендуемому алгоритму (Office of the federal coordinator...) вычисляются скорости и направления ветра на высоте 10 м от поверхности суши и формируются векторные поля ветра для каждой полуградусной зоны. Эти поля используются в ГИС-приложениях и загружаются на геопортал. В настоящее время формируются поля ветра с прогнозом не более чем 72 часа с интервалом 3 часа, которые регулярно обновляются по мере поступления новых данных. На геопортал загружаются данные о динамике поля ветра только на текущие сутки (6.00 до 24.00 по времени Астаны). При использовании этих данных пользователь имеет возможность выбрать время, для которого загружаются данные о поле ветра, а также масштаб представления.

При визуализации метеоданных на геопортале вектор скорости ветра привязывается к середине полуградусной зоны, его направление на карте соответствует полученному значению, величина стрелки пропорциональна скорости ветра, цвет стрелки соответствует типу ветра, в который попадает величина скорости. В качестве интервалов градации ветра по типам использованы следующие значения скорости ветра: штормовые (скорость ветра больше 24 м/с), сильные (10–24 м/с), умеренные (8–10 м/с), средние (5–8 м/с), слабые (меньше 5 м/с). Наименования типов ветра видны при включении опции «стили слоя». При загрузке одновременно вектора поля ветра и вектора очагов пожаров (рис. 1) можно определить вероятное направление распространения пожара, а сила ветра позволяет оценить хотя бы качественно потенциальную скорость распространения пожара.

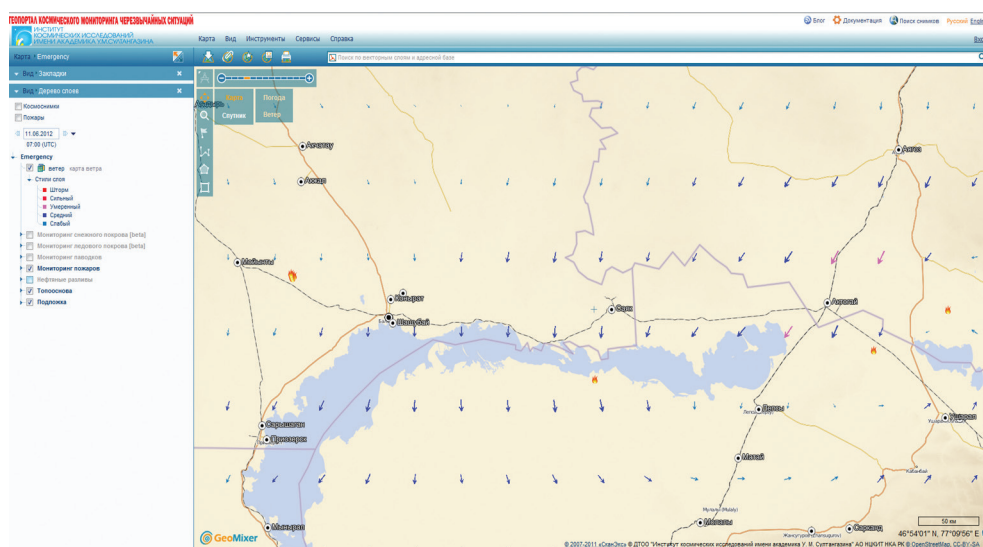


Рис. 1. Интерфейс страницы геопортала с полем ветра и очагами пожаров на 7.00 по времени UTC 11 июня 2012 г.

Сравнение прогнозного направления ветра, полученного на основе метеоданных GFS, и направления ветра, определяемого по направлению дыма от пожаров на текущих космических снимках MODIS, в целом показало хорошие результаты, хотя иногда встречались и существенные расхождения.

Для конкретизации оценки ветровых характеристик в районе расположения обнаруженных по космическим данным очагов пожара был разработан и автоматизирован алгоритм получения прогнозных данных поля ветра в этих районах. Для этого с помощью специальной программы определяются ближайшие к очагам пожаров значения скорости и направления ветра, которые считываются и передаются в программу, формирующую выходную атрибутивную таблицу с характеристиками очагов пожаров.

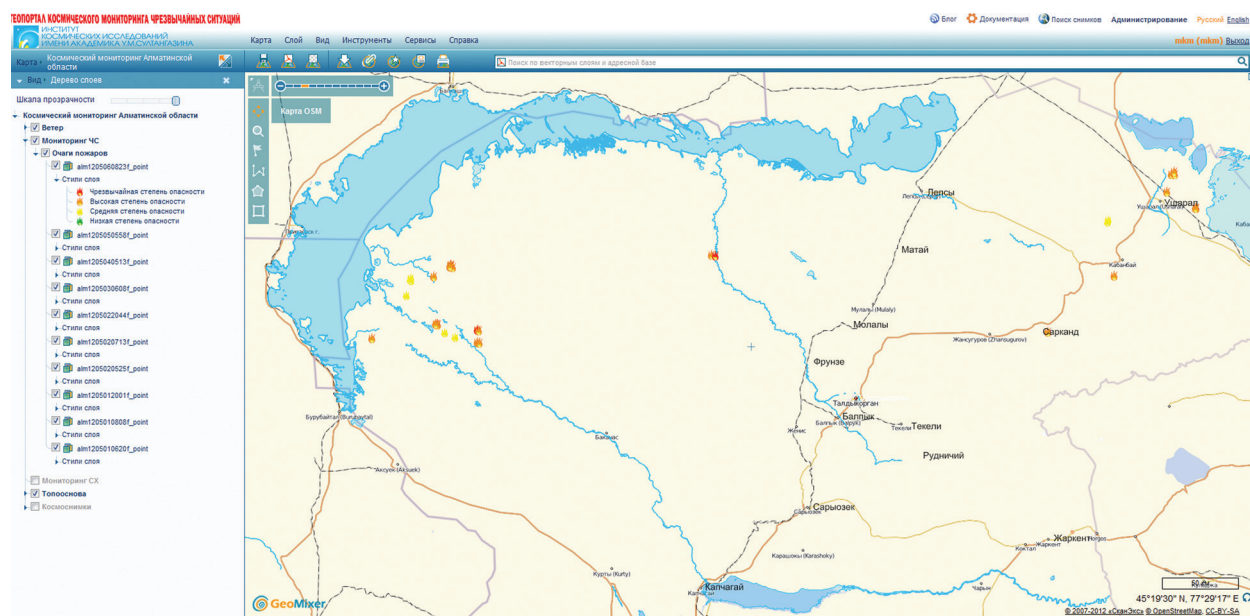
Отметим, что все описанные выше процедуры автоматизированы с помощью программ, написанных на высокоуровневом интерпретируемом динамическом языке программирования общего назначения Perl в среде Windows, который распространяется в свободном доступе.

Ранжирование очагов пожаров по степени потенциальной опасности

Для повышения эффективности использования данных космического мониторинга ЧС, загружаемых на геоportal, они снабжаются дополнительной информацией, характеризующих их. Это и разнообразная атрибутивная информация, всплывающая с помощью курсора, и графическая визуализация при построении карт (рис. 1), которая помогает оценить степень опасности или пути развития ЧС.

Также и при географической привязке очагов пожаров формируется разнообразная атрибутивная информация (см. выше), в которой содержится и информация о расстоянии от очага до ближайшего населенного пункта. При этом очевидно, что тем ближе пожар к населенному пункту, тем больше его степень опасности. Это позволяет ранжировать очаги по степени потенциальной опасности и визуализировать ее при графическом отображении на картах, в том числе при загрузке их на геоportal.

Такая автоматизированная технология загрузки данных об очагах пожаров на геоportal была разработана и отлажена на примере Алматинской области (рис. 2). При этом использовали следующую шкалу оценки степени опасности очага пожара: низкая (расстояние больше или равно 20 км), средняя (больше или равно 10 км и меньше 20 км), высокая (больше или равно 3 км и меньше 10 км), чрезвычайная (расстояние меньше 3 км). Цветная шкала ранжирования по степени опасности очагов пожаров приведена в опции «стиль слоя». Для большей наглядности можно наложить эти очаги на подложку, сформированную из космоснимков Landsat.



*Рис. 2. Интерфейс страницы геопортала с очагами пожаров,
ранжированных по степени опасности*

Ранжирование очагов пожаров по степени опасности при загрузке на геоportal помогает лучше ориентироваться при принятии управляющих решений.

Некоторые другие направления развития космического мониторинга ЧС в Казахстане

Среди других направлений развития космического мониторинга ЧС в Казахстане выделим использование формата Geo-pdf при передаче данных пользователям. Предоставление данных космического мониторинга пожаров в формате Geo-pdf позволяет пользователю на основе этих данных формировать свои разнообразные выходные картографические данные, полезные при принятии управляющих решений. Это значительно повышает информативность и наглядность высылаемых пользователям результатов космического мониторинга ЧС. При этом особых специальных знаний от пользователя не требуется.

Geo-pdf формируется с помощью ГИС (ArcGIS, MapINFO) и представляет собой расширенный формат pdf, содержащий атрибутивную и пространственную информацию, привязанную к географическим координатам. Формат Geo-pdf предоставляет простой вариант использования возможностей ГИС и позволяет: определять координаты на карте с помощью курсора мыши, определять расстояние, включать / отключать картографические слои, просматривать атрибутивную информацию каждого слоя, формировать и распечатывать свои варианты картографической информации.

Для работы с форматом Geo-pdf используется программа Adobe Reader не ниже 9-й версии. Затем загружается дополнительное программное обеспечение с помощью файла terrago_toolbar40. После этого уже можно работать с форматом Geo-pdf.

Большим преимуществом формата Geo-pdf является наличие разнообразной картографической и другой информации, которая сгруппирована по слоям. Каждый слой по желанию пользователя может быть включен или выключен путем нажатия курсором на символ «глаз» около соответствующего слоя. Слои группируются по иерархической системе. По желанию пользователя могут быть добавлены любые слои, в том числе сформированные по его данным (например, расположение пожарных частей). Пользователь также может увеличить масштаб изображения.

При включенной опции *Дерево моделей* предоставляются данные о каждом отдельном ЧС. Например, при нажатии курсором на соответствующий очаг пожара на карте получаем в нижнем левом квадрате данные о координатах, дате и времени наблюдения, ближайшем населенном пункте (BNP), расстоянии в километрах (dist) и азимуте от BNP до очага. Указывается также наименование района и области. Также нажимая курсором на соответствующий полигон выгоревших площадей на карте, получаем в нижнем левом квадрате данные о его площади в гектарах.

Большое значение при оценке потенциальной опасности пожаров имеет информация о расположении особо охраняемых природных территорий (ООПТ), включающих заповедники, заповедные зоны, заказники и национальные парки. Созданные для этих зон картографические слои в ГИС отражают их границы и площади. В опции *Дерево моделей* в левом столбце предоставляются наименования всех особых территорий. При нажатии на какую-либо конкретную зону эта зона высвечивается на карте цветом, который выбирается

в верхнем левом углу, а в нижнем левом углу указываются его площадь и другие атрибутивные данные.

Образец выходной информации, высылаемой в Кризисный центр МЧС 4–6 раз в сутки в формате Geo-pdf, представлен на *рис. 3*. На нем представлены ООПТ Казахстана и очаги пожаров на 13 час. 43 мин астанинского времени 9 августа 2012 г.

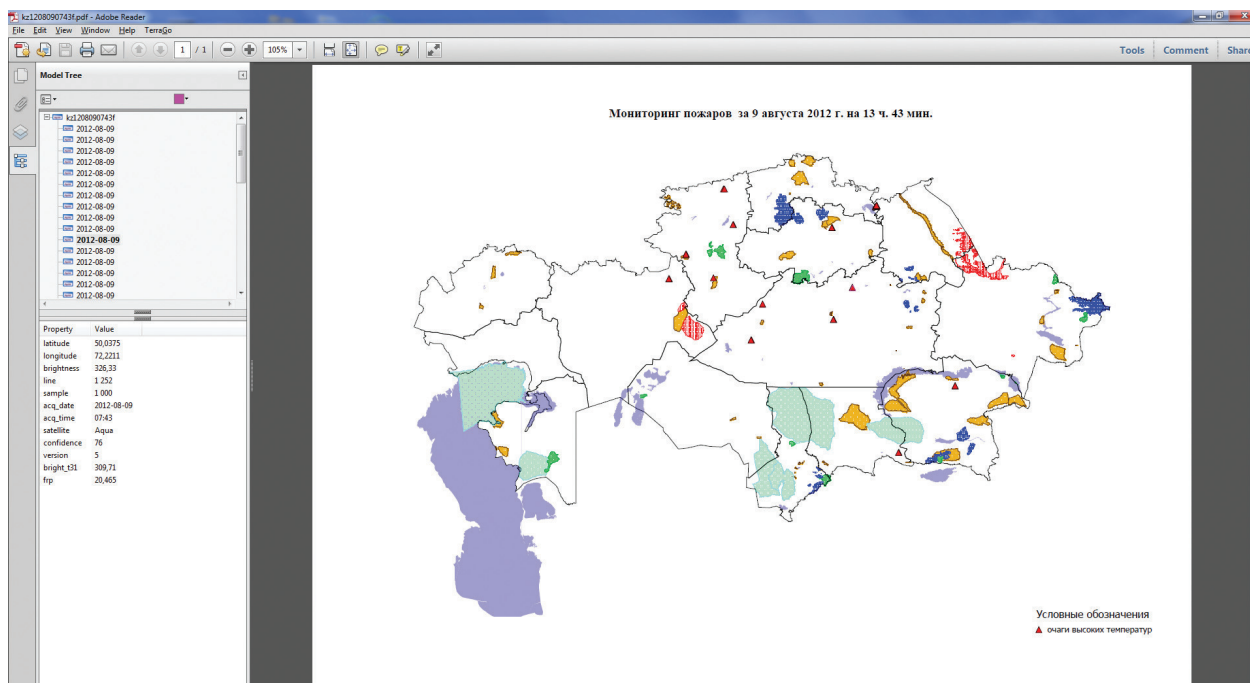


Рис. 3. Образец выходной информации, высылаемой в Кризисный центр МЧС в формате Geo-pdf

Другим новым, активно развиваемым направлением стало использование возможностей международного сотрудничества по предоставлению данных ДЗЗ при возникновении особо опасных ЧС. ИКИ входит в число участников международной программы Sentinel Asia. Участники этой программы при регистрации особо опасного ЧС с указанием координат района его расположения и периода съемки бесплатно и оперативно получают на этот регион снимки высокого разрешения и при необходимости радарные снимки, а также архивные снимки за предшествующий ЧС период. Если получать эти снимки обычным путем, то это требует больших материальных затрат и длительного временного периода.

В 2012 г. в рамках программы Sentinel Asia были оперативно получены космоснимки высокого разрешения до и после пожара на горе Мохнатка в урочище Медео близ Алматы. С их помощью в ГИС проведена оценка выгоревшей площади и получено трехмерное (3-D) представление этого пожара. Выгоревшая площадь по данным высокого разрешения была оценена в 75, 9 га, что близко к приведенным официальным данным.

Основные направления развития космического мониторинга ЧС в Казахстане

В ближайшем будущем развитие космического мониторинга ЧС в Казахстане будет идти по следующим направлениям:

1. Развитие геопортальных технологий и с создание на базе их сети территориальных ситуационных центров космического мониторинга ЧС.
2. Более активное использование ДДЗ среднего, высокого и сверхвысокого разрешения, а также радарных данных, в том числе и с выводимых на орбиту в 2013–2014 гг. казахстанских космических спутников.
3. Формирование прогнозного блока, включающего блоки моделирования пожаров, паводков, наводнений и прорывов плотин.
4. Все более возрастающую роль возможностей международного сотрудничества как с Россией, так и в рамках международных организаций, таких как Sentinel Asia.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка технологий и алгоритмов ситуационного управления на основе многолетних рядов данных дистанционного зондирования Земли» Республиканской бюджетной программы 002 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности»

Литература

1. *Архипкин О.П., Сагатдинова Г.Н.* Развитие технологий оперативного космического мониторинга ЧС в Казахстане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Сб. научных статей. Вып. 5. М.: ООО «Азбука-2000», 2008. Т. 2. С. 411–418.
2. *Arkhipkin O.P., Sagatdinova G.N.* Functioning of Fires and Flood Space Monitoring System in Kazakhstan // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing 2008. P. 435–439.
3. *Arkhipkin O.P., Spivak L.F., Sagatdinova G.N.* Development of Flood Space Monitoring in Kazakhstan / Geoscience and Remote Sensing New Achievements. Edited by Pasquale Imperatore & Daniele Riccio. ISBN 978-953-7619-97-8. Vukovar, Croatia: In Teach. 2010. P. 419–436.
4. *Spivak L., Arkhipkin O., Sagatdinova G.* Development and prospects of the fire space monitoring system in Kazakhstan // Frontiers of Earth Science. 2012, 6 (3). P. 276–282.
5. Global Forecast System – <http://www.emc.ncep.noaa.gov/index.php?branch=GFS>.
6. What is GRIB- http://www.weatheroffice.gc.ca/grib/what_is_GRIB_e.html.
7. Office of the federal coordinator for meteorological services and supporting research U.S. department of commerce // National Oceanic and Atmospheric Administration. Federal Meteorological Handbook No. 3. Rawinsonde and Pibal Observations. FCM-H3-1997. Washington, DC. May, 1997. P. D4–D5.

The main results and the directions of development of space monitoring of an emergency in Kazakhstan

O.P. Arkhipkin., G.N. Sagatdinova

*Space Research Institute, National Center of Space Research and Technology, Kazakhstan
E-mail: oarkhipkin@rambler.ru, gulshatn@rambler.ru*

The characteristic of operating system of space monitoring of an emergency in Kazakhstan, including monitoring of melt snow and ice cover, passing of flood waters and floods, fires is given. The description of a geoportal of space monitoring of an emergency, its structure, technology of updating of results of monitoring exposed on a geoportal and meteodata (a wind field), ranging of seats of fire on degree of potential danger is provided. Possibilities of use of Geo-pdf format by transfer of results of space monitoring of an emergency to users are considered. The main directions of development of space monitoring of an emergency in the near future are specified.

Keywords: remote sensing, space monitoring, emergency, fire centers, burned areas, flood zone, geo-portal, format Geo-pdf, wind field.