

УДК 528.85 528.88 528.94

Создание и практический опыт использования системы приема, обработки и распространения оперативной космической информации для обнаружения тепловых аномалий в Республике Беларусь

Анализируется эффективность систем, использующих данные ДЗЗ для решения научных и производственных задач. Для достижения цели оперативного предоставления информации о температурных аномалиях обосновывается необходимость разработки специализированной информационной системы приема, обработки и распространения оперативной космической информации с КА AQUA, SUOMI NPP, NOAA 20, Metop, Fengyun-3. Подтверждается высокая эффективность созданной системы в целях обеспечения Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь космической информацией для повышения оперативности обнаружения пожаров и организации их ликвидации на максимально ранней стадии распространения.

Введение. Перспективные информационно-мониторинговые системы и системы поддержки принятия решений во всем мире широко используют космическую информацию дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ) для решения ряда производственных, научных и образовательных задач. Эффективность функционирования систем, использующих свободно распространяемые данные ДЗЗ, в значительной степени зависит от наличия оперативной космической информации, полученной от различных космических аппаратов (далее – КА) ДЗЗ, и технологий их обработки и распространения. Спутниковые наблюдения с метеорологических КА имеют большое значение для решения задач прогноза погоды, чрезвычайных ситуаций, сельского хозяйства, экологии.

С. А. ЗОЛОТОЙ,
директор, к. т. н.

И. Б. СТРАШКО,
заместитель директора по производству

Д. С. КОТОВ,
ученый секретарь

НИРУП «Геоинформационные системы»
Национальной академии наук

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, земная поверхность, система приема, тепловая аномалия, чрезвычайная ситуация.

Основная часть. В Республике Беларусь в рамках выполнения Национальной космической программы на 2008–2012 годы создана и с декабря 2013 года введена в эксплуатацию Белорусская космическая система дистанционного зондирования Земли (далее – БКСДЗ), в состав которой входят: космический аппарат (БКА) со съемочной аппаратурой высокого пространственного разрешения, наземный комплекс управления (БНКУ) и наземный комплекс приема, обработки, хранения и распространения космической информации (БНКПОР). Концепция развития космической деятельности в республике предполагает дальнейшее развитие и совершенствование БКСДЗ [1].

Аппаратно-программные средства приема данных ДЗЗ с метеоспутников, входящие в БНКПОР, в настоящее время позволяют получить информацию с космических аппаратов TERRA, NOAA 18 и NOAA 19 (разрешение – 1 км) со средним количеством сеансов связи от 6 до 8 в сутки (время обновления информации – от 2 до 6 часов).

Анализ состояния технологий получения и целевого использования материалов ДЗЗ метеоспутников в Республике Беларусь выявил проблемные задачи, решение которых актуально для развития отраслей экономики и социальной сферы:

– длительные сроки обновления данных ДЗЗ с метеорологических спутников, приводящие к увеличению времени реагирования при мониторинге процессов и явлений на территории Беларуси и других территориях государственного интереса;

– недостаточная эффективность механизмов мониторинга и реагирования при угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций, составляющих метеопрогноза по материалам ДЗЗ.

Решение этих проблем осуществляется посредством создания системы приема, обработки и распространения оперативной космической информации с КА AQUA, SUOMI NPP, NOAA 20, Metop, Fengyun-3 (далее – Система).

Одной из главных задач Системы является обнаружение тепловых аномалий на европейской территории. В данном случае под тепловой аномалией понимается зарегистрированное в момент пролета спутника значительное повышение температуры на поверхности Земли в сравнении с соседними участками. Сервис Системы позволяет просматривать отдельные тепловые аномалии и их группы, детектированные по оперативным космическим снимкам AQUA, TERRA, SUOMI NPP, NOAA 20, MetOp A/B/C, NOAA 18, NOAA 19 (рис. 1 и 2), которые появляются с минимальной задержкой – обычно до 15 минут после завершения приема со спутника (среднее время обработки данных по сенсорам представлено на рис. 3). В основном, используются данные со спутников AQUA, TERRA, SUOMI NPP, NOAA 20, MetOp A/B/C, NOAA 18, NOAA 19, пролет которых осуществляется до 15 раз в сутки.

Как правило, но не всегда, выявленные тепловые аномалии связаны с природными чрезвычайными ситуациями – природными пожарами в экосистемах (низовыми и верховыми лесными пожарами; торфяными пожарами, подземными (эндогенными и экзогенными) пожарами горючих ископаемых). При этом велико число случаев с природными пожарами в экосистемах, информация о которых в Министерстве по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь отсутствует. Выявление тепловых аномалий позволяет начать тушение пожара на максимально ранней стадии его распространения.

Спутники позволяют обнаруживать тепловые аномалии, зачастую детектируемые как природные пожары площадью от долей гектара до нескольких десятков гектаров в зависимости от интенсивности горения и состояния атмосферы.

Разные спутники обладают сенсорами разных характеристик [2]. Например, тепловые каналы



Рисунок 1 – Визуализация точек тепловых аномалий



Рисунок 2 – Обнаруженные тепловые аномалии по снимку космического аппарата «AQUA»

MODIS спутников TERRA и AQUA имеют разрешение 1 км и дают картинку с пикселями шириной 1 км. Для спутника Suomi NPP ширина пикселя равна 375 м, то есть его инструмент VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) является более чувствительным к определению термических аномалий. При этом важно помнить, что от размера пикселя зависит и величина погрешности координат тепловой аномалии. Возможная ошибка определения местоположения пожара зависит от нескольких факторов: размера пикселя, неточности привязки снимка, расстояния от оси снимка до точки тепловой аномалии и др. Для снимков MODIS она обычно не превышает 700 м, для снимков VIIRS – 500 м.

В процессе автоматизированной обработки применяется контекстно-пороговый анализ

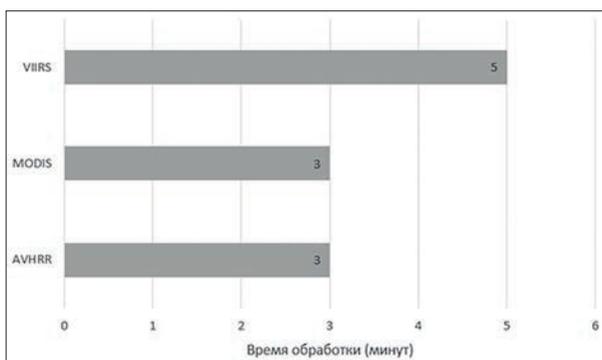


Рисунок 3 – Время определения тепловых аномалий по сенсорам



температурных яркостей соседних пикселей земной поверхности в инфракрасном диапазоне, который позволяет выявлять участки с высокой температурой, а данные с других спектральных каналов помогают маскировать облачные участки и фильтровать ложные срабатывания, например блики или отсветы. Результаты обработки в виде конечного продукта доступны пользователю не позднее чем через 30 минут после окончания сеанса приема. Для получения более точного и полного результата необходимо использовать инструменты верификации, основанные на дополнительных источниках информации (сведения от местного населения, изображения с видеокамер, обработка данных со спутников высокого разрешения и др.).

Основной причиной возникновения природных пожаров является деятельность человека (~ 79 %). При этом главным виновником пожаров (~ 70 %) является само население. От сельхоззапалов, от сжигания порубочных остатков, по вине лесозаготовителей, экспедиций, а также транспортных систем возникает ~ 9,1 % природных пожаров, от природных факторов (молнии) – чуть более 13 %. Остальная часть пожаров происходит по невыясненным причинам [3].

Следствием пожаров является снижение качественного и породного состава лесного

фонда, экологических функций лесов, трансформация территорий, покрытых лесом, а также частичная или полная гибель насаждений. При поджоге травы погибает вся полезная микрофлора почвы, многие насекомые и мелкие животные, истребляющие различных вредителей и участвующие в процессе образования почвы, уничтожаются кладки и места гнездовий многих видов птиц, а также происходит значительный выброс углекислого газа в атмосферу. После самих палов почва закисляется и снижается ее плодородие, а выживают и первыми отрастают неприхотливые сорняки [4]. Суммарный ущерб от лесного пожара охватывает многие показатели [5] и включает:

- стоимость потерь древесины на корню в средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных насаждениях;
- ущерб от повреждения молодняков естественного и искусственного происхождения;
- ущерб от повреждения ресурсов побочного лесопользования;
- снижение стоимости объектов и готовой продукции, поврежденных пожаром;
- расходы на расчистку горельников и дополнительные санитарные рубки в насаждениях, поврежденных лесными пожарами;

- ущерб от снижения почвозащитных, санитарно-гигиенических, водоохраных и других средообразующих функций леса;

- ущерб от загрязнения воздушной среды продуктами горения;

- ущерб от гибели животных и растений, включая занесенных в Красную книгу Республики Беларусь;

- другие потери.

Мониторинг тепловых аномалий и сопоставление их с космическими снимками дают возможность:

- оперативно узнавать о тепловых аномалиях на территории Республики Беларусь;

- делать предположение о виде природного пожара в экосистемах (низовой и верховой лесной пожар; торфяной пожар, подземный (эндогенный и экзогенный) пожар горячих ископаемых);

- моделировать сценарии развития природных пожаров в экосистемах (с учетом прогнозов погоды и горимости лесных массивов);

- оценивать угрозы населенным пунктам, объектам инфраструктуры, ценным природным территориям;

- следить за динамикой природных пожаров в экосистемах;

- контролировать ход тушения природных пожаров в экосистемах с периодичностью обновления информации о тепловых аномалиях на европейской территории;

- оценивать последствия природных пожаров в экосистемах.

Главным потребителем информации программного комплекса обнаружения тепловых аномалий, полученной при обработке космических снимков, является Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. В зависимости от решаемой задачи в МЧС передаются либо информация о выявленных тепловых аномалиях, либо космические снимки земной поверхности. Сведения о тепловых аномалиях доступны органам и подразделениям по чрезвычайным ситуациям в режиме реального времени после обработки снимков национальным космическим оператором.

Заключение. Внедрение системы в повседневную деятельность Министерства по чрезвычайным ситуациям показало высокую эффективность. С помощью Системы в 2020 году было выявлено более 250 очагов природных пожаров на ранней стадии развития как на территории Республики Беларусь, так и на территории сопредельных государств. (Украина, Россия).

ЛИТЕРАТУРА

1. Некоторые пути совершенствования белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли / С. А. Золотой, А. В. Косило, А. А. Ставров, И. Б. Страшко // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2016. – № 4. – С. 113–120.
2. WMO Oscar | List of all instruments [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wmo-sat.info/oscar/instruments>. – Дата доступа: 25.08.2021.
3. Бондур, В. Г. Космический мониторинг природных пожаров в России в условиях аномальной жары / В. Г. Бондур // Исследование Земли из космоса. – 2011. – № 3. – С. 3–13.
4. Строк, К. М. Лесные пожары: причины возникновения и меры противопожарной безопасности / К. М. Строк, Т. М. Германович // Проблемы экологии и экологической безопасности. Создание новых полимерных материалов: сб. материалов VII международной заочной научно-практической конференции. – 2020. – С. 1 – 356.
5. Климчик, Г. Я. Методика исчисления ущерба от низовых пожаров разной интенсивности / Г. Я. Климчик [и др.] // Природные ресурсы Национального парка «Припятский» и других особо охраняемых природных территорий Беларуси: изучение, сохранение, устойчивое использование: сб. науч. тр. Нац. парка «Припятский». – 2020. – С. 415–418.

The efficiency of systems using remote sensing data for solving scientific and industrial problems is analyzed. The justification of a specialized information system for receiving, processing and disseminating operational space information from the AQUA, SUOMI NPP, NOAA 20, Metop, Fengyun-3 spacecraft is considered to ensure prompt information provision on temperature anomalies. The high efficiency of the created system is substantiated in order to provide the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus with space information to increase the efficiency of detecting hot spots and organizing their elimination as early as possible to prevent their propagation.

Key words: Earth remote sensing, Earth's surface, data acquisition system, hot spot, thermal anomaly, emergency.

Получено 27.08.2021.