

ИСДМ-Рослесхоз: 15 лет эксплуатации и развития

Н. А. Ковалев¹, Е. А. Лупян², И. В. Балашов², С. А. Барталев²,
М. А. Бурцев², Д. В. Ершов³, Н. П. Кривошеев¹, А. А. Мазуров²

¹ ФБУ «Авиалесоохрана», Пушкино, 141200, Московская область, Россия
E-mail: aviales@aviales.ru

² Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия
E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru

³ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
Москва, 117997, Россия

Работа посвящена Информационной системе мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз, <https://nffc.aviales.ru>), которой в 2020 г. исполнилось 15 лет. В создании и развитии системы принимало участие большое количество различных организаций, в том числе ФБУ «Центральная база авиационной охраны лесов», Институт космических исследований РАН, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, ФГБУ «НИЦ «Планета», ООО «Инком», Институт солнечно-земной физики СО РАН, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства. ИСДМ-Рослесхоз позволяет получать по всей территории Российской Федерации и пограничным территориям оперативную и однородную информацию, необходимую для ведения мониторинга лесных пожаров и их последствий. В работе рассмотрены основные направления и ключевые этапы развития системы, которое непрерывно проходило во все годы её эксплуатации. Это позволило ИСДМ-Рослесхоз до настоящего времени оставаться самой крупной промышленной системой мониторинга природных пожаров и их последствий среди используемых службами охраны и защиты лесов не только в стране, но и в мире. В работе также кратко сформулированы приоритетные направления развития системы на ближайшие годы.

Ключевые слова: дистанционный мониторинг природных пожаров, дистанционное зондирование, информационные системы, распределённая обработка данных, обработка спутниковых данных, веб-интерфейсы, сверхбольшие архивы данных, спутниковые данные

Одобрена к печати: 28.12.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-283-291

Введение

В 2020 г. исполнилось 15 лет с момента ввода в промышленную эксплуатацию Информационной системы мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз, <https://nffc.aviales.ru>). Эта система позволяет получать по всей территории Российской Федерации и пограничным территориям оперативную и однородную информацию, необходимую для ведения мониторинга лесных пожаров и их последствий. До настоящего момента данная система по уровню охвата территории остаётся самой крупной промышленной системой мониторинга природных пожаров и их последствий, которые используют службы охраны и защиты лесов. История создания, внедрения и развития системы достаточно подробно описана (см., в частности, работу (Котельников и др., 2019)). Основные задачи, возможности и особенности системы на различных этапах её разработки, эксплуатации и модернизации достаточно подробно рассмотрены в различных работах (см. Барталев и др., 2008, 2010; Беляев и др., 2005, 2006; Ершов и др., 2004; Лупян и др., 2015).

Следует отметить, что различные элементы и методы, которые позволили в 2003–2004 гг. создать, а в 2005 г. ввести ИСДМ-Рослесхоз в промышленную эксплуатацию, разрабатывались фактически с начала 90-х гг. прошлого века. С этапами этих работ можно, в частности, ознакомиться в публикациях (Абушенко и др., 1998, 2000; Коровин, Барталев, 1998; Лупян и др., 2003; Abushenko et al., 1999).

В создании, развитии и поддержке системы на разных этапах её работы принимали участие ФБУ «Центральная база авиационной охраны лесов» (ФБУ «Авиалесоохрана»), Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН), Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (ЦЭПЛ РАН), ФГБУ «НИЦ «Планета», Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН (ИСЗФ СО РАН), Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства (СПбНИИЛХ), ООО «Инком» и другие организации. Все годы эксплуатации ИСДМ-Рослесхоз её оператором является ФБУ «Авиалесоохрана», которая во многом определяет приоритеты направления развития системы. В поддержке системы принимали участие ИКИ РАН, ФГБУ «НИЦ «Планета», ЦЭПЛ РАН и ООО «Инком». После перехода ИСДМ-Рослесхоз на сервисную модель работы (*таблица*) функционирование системы осуществляется с использованием возможностей объединённой системы работы с данными центров приёма ФГБУ «НИЦ «Планета» (Бурцев и др., 2019) и ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019а).

Одна из основных особенностей ИСДМ-Рослесхоз состоит в том, что система все годы своей работы постоянно развивается. В ней, в частности, регулярно появлялись новые возможности, связанные с использованием данных самых современных спутниковых систем. Это наглядно подтверждает информация, представленная на *рис. 1* (см. с. 284) и *2*, на которых показано, в какие моменты, данными каких спутниковых систем имела возможность оперировать ИСДМ-Рослесхоз. Также в ИСДМ-Рослесхоз неизменно добавлялись новые функционалы, в создании которых использовались как новые технические возможности, постоянно возникающие за 15 лет её эксплуатации, так и новые подходы и методы обработки и анализа данных дистанционного зондирования, которые развивались для оценки различных характеристик лесных пожаров и их последствий. Некоторые возможности этих подходов и методов представлены в работах (Барталев и др., 2015, 2016; Кашницкий и др., 2015; Стыценко и др., 2013, 2016; Хвостиков и др., 2012, 2016; Шуляк и др., 2014). Поскольку в кратком сообщении нет возможности привести даже список основных доработок, которые появились в системе за последние 15 лет, в *таблице* дано лишь несколько примеров наиболее значимых изменений ИСДМ-Рослесхоз, которые существенно повлияли на её развитие, и краткие комментарии к ним.

Таким образом, видно, что ИСДМ-Рослесхоз постоянно развивается. Это позволяет ей оставаться все годы эксплуатации одной из наиболее совершенных специализированных систем дистанционного мониторинга не только у нас в стране, но и в мире. Система постоянно остаётся востребованной. Это, в частности, подтверждает неизменный рост числа её активных пользователей, график которого приведён на *рис. 3* (см. с. 287).

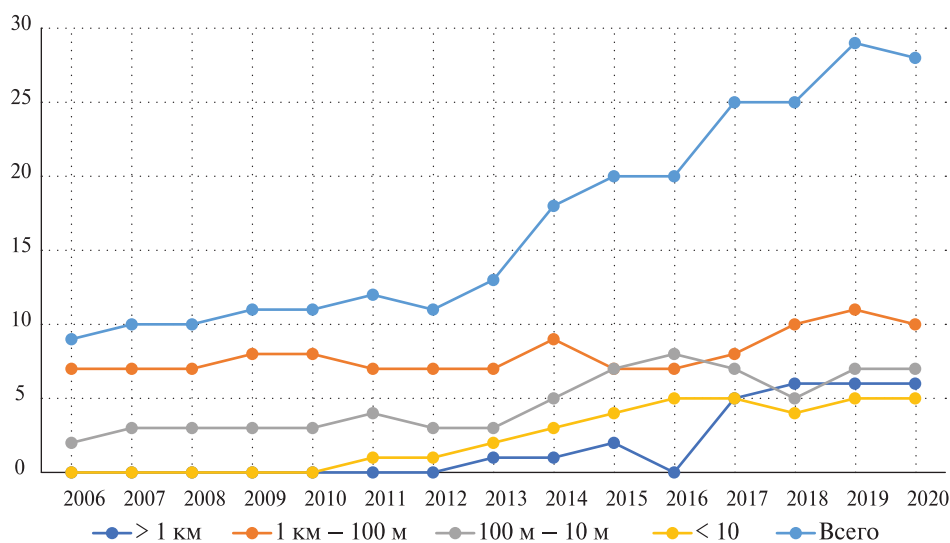


Рис. 2. Динамика числа различных спутниковых систем, используемых в ИСДМ-Рослесхоз в разные годы

Примеры значимых доработок ИСДМ-Рослесхоз,
которые были выполнены в период с 2005 по 2020 г.

Год	Пример доработки ИСДМ	Комментарии
2008	Создан динамический картографический веб-интерфейс	Картографические интерфейсы ИСДМ-Рослесхоз для удалённой работы получили базовый функционал традиционных настольных геоинформационных систем
2009	Начата ежедневная автоматическая интеграция наземной и спутниковой информации (работа с данными системы «Ясень»)	Повышен уровень автоматизированного контроля отчётности региональных служб
2009	Начат ежегодный расчёт повреждений лесов на всей территории страны на основе данных прибора MODIS (<i>англ.</i> Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)	Появились объективные экспресс-оценки повреждений лесов от пожаров на всей территории страны
2010	Начато создание единых слоёв квартальной сети и лесфонда (создание специализированной базы данных)	Завершено в 2014 г. Появилась возможность автоматической привязки всех дистанционно детектированных пожаров лесному фонду, лесничествам и кварталам
2010	Создан блок уточнения контуров гарей по результатам облётов/обходов/ и обводки по спутниковым данным высокого разрешения	Появилась возможность проведения выборочного уточнения площадей, пройденных огнём
2011	Создан блок моделирования развития пожара	Появилась возможность расчёта угроз от пожаров объектам инфраструктуры
2012	Создан блок расчёта статистических данных о пожарах	Появились численные пространственные данные, необходимые в том числе для проведения оценок ожидаемых потерь от пожаров на различных территориях и районирования по уровням охраны
2013	Создана система отчётности на базе технологии BI (<i>англ.</i> Business intelligence)	Появилась в том числе возможность сравнения текущей лесопожарной обстановки с ситуацией, наблюдавшейся в другие годы. Стал возможен анализ данных на различных уровнях интеграции
2014	Начат перевод центрального узла ИСДМ-Рослесхоз в «облако» ФБУ «Авиалесоохрана»	Повысилась устойчивость работы центрального узла ИСДМ-Рослесхоз
2014	Создан блок автоматизированного массового уточнения пройденных огнём площадей на основе данных высокого разрешения	Появилась возможность проведения массового уточнения площадей, пройденных отдельными пожарами
2015	Внедрён новый дизайн веб-серверов ИСДМ-Рослесхоз	Повысилось удобство работы с информацией, предоставляемой ИСДМ-Рослесхоз, а также гибкость и управляемость подсистемой предоставления информации
2015	Интегрированы горячие точки по Himawari-8, Sentinel-2, «Метеор»	Повысилась частота наблюдения, в том числе более чем в два раза увеличился объём доступной информации, необходимой для уточнения площадей, пройденных огнём
2016	Осуществлён переход на сервисную модель работы	Позволил сократить необходимость поддержки большого числа региональных узлов ИСДМ-Рослесхоз в центрах приёма и обработки спутниковых данных
2016	Создана новая платформа системы уточнения гарей	Принципиально увеличен уровень автоматизации при проведении уточнения гарей
2017	Данные VIIRS (<i>англ.</i> Visible Infrared Imaging Radiometer Suite, спутник Suomi NPP (<i>англ.</i> National Polar-orbiting Partnership)) включены в систему учёта пожаров	Увеличились возможности детектирования пожаров малого размера
2018	Введён в эксплуатацию блок открытых данных ИСДМ-Рослесхоз	Повысились возможности публичного предоставления данных ИСДМ-Рослесхоз

Окончание таблицы

Год	Пример доработки ИСДМ	Комментарии
2019	Данные VIIRS (спутник NOAA 20 (<i>англ.</i> National Oceanic and Atmospheric Administration) включены в систему учёта пожаров	Увеличились возможности детектирования пожаров малого размера. Число детектируемых пожаров по сравнению с ситуацией до начала использования данных VIIRS увеличилось более чем в 2,5 раза
2020	Создана и подготовлена к эксплуатации система первичной оценки повреждений лесного покрова на основе данных об интенсивности горения пожаров	Ввод в эксплуатацию подсистемы позволит получать первые оценки ожидаемых повреждений лесного покрова непосредственно после завершения конкретного пожара

В заключение следует отметить, что в настоящий момент перед службами охраны лесов встают новые задачи, в том числе связанные с общим повышением уровня горимости лесов в последние годы (см., например, работу (Луян и др., 2019)), который в том числе может быть обусловлен процессами, связанными с глобальными изменениями климата. Поэтому перед ИСДМ-Рослесхоз также возникают новые приоритеты развития, к которым, на наш взгляд, можно отнести следующие:

- развитие объективных методов районирования уровней охраны лесов;
- развитие объективных методов принятия решения о тушении;
- оперативная оценка последствий пожаров как с точки зрения потерь лесных ресурсов, так и с точки зрения оценки потенциальных выбросов углерода.

Следует отметить, что для решения данных задач уже имеется достаточно большая научная и технологическая основа, разработанная в рамках различных научных проектов и программ, выполняемых в организациях, которые все эти годы обеспечивали поддержку и развитие ИСДМ-Рослесхоз.

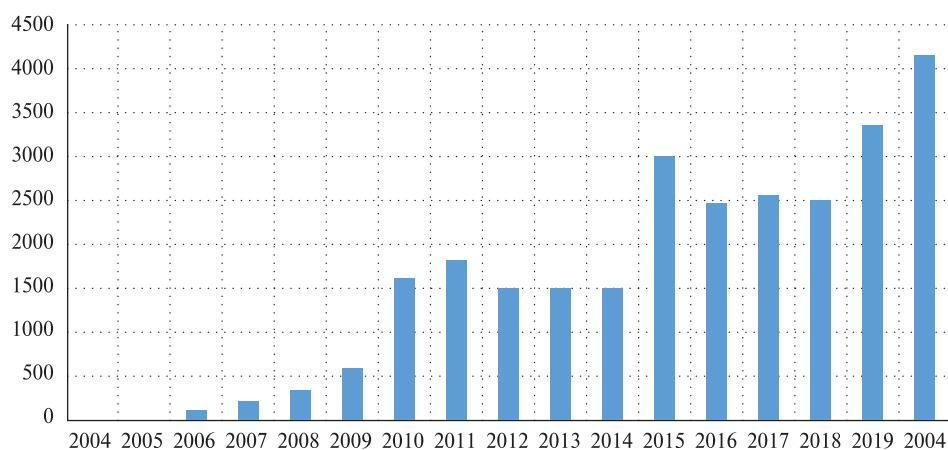


Рис. 3. Динамика числа активных пользователей в ИСДМ-Рослесхоз в разные годы

Настоящая публикация подготовлена при поддержке темы «Мониторинг» Минобрнауки (госрегистрация № 01.20.0.2.00164).

Литература

1. Абушенко Н. А., Бартаев С. А., Беляев А. И., Ершов Д. В., Захаров М. Ю., Коровин Г. Н., Кошелев В. В., Крашенинникова Ю. С., Луян Е. А., Мазуров А. А., Минько Н. П., Назиров Р. Р., Семенов С. М., Тащилин С. А., Флитман Е. В., Щетинский В. Е. Опыт и перспективы организации оперативного

- спутникового мониторинга территории России в целях службы пожароохраны лесов // Исслед. Земли из космоса. 1998. № 3. С. 89–95.
2. Абушенко Н. А., Барталев С. А., Беляев А. И., Ершов Д. В., Коровин Г. Н., Кошелев В. В., Луян Е. А., Крашенинникова Ю. С., Мазуров А. А., Минько Н. П., Назиров Р. Р., Прошин А. А., Флитман Е. В. Система сбора, обработки и доставки спутниковых данных для решения оперативных задач службы пожароохраны лесов России // Научные технологии. 2000. Т. 1. № 2. С. 4–18.
 3. Барталев С. А., Ершов Д. В., Коровин Г. Н., Котельников Р. В., Луян Е. А., Щетинский В. Е. Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (состояние и перспективы развития) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Вып. 5. Т. 2. С. 419–429.
 4. Барталев С. А., Ершов Д. В., Коровин Г. Н., Котельников Р. В., Луян Е. А., Щетинский В. Е. Основные возможности и структура информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 2. С. 97–105.
 5. Барталев С. А., Стыценко Ф. В., Егоров В. А., Луян Е. А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров // Лесоведение. 2015. № 2. С. 83–94.
 6. Барталев С. А., Егоров В. А., Жарко В. О., Луян Е. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Шабанов Н. В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.
 7. Беляев А. И., Коровин Г. Н., Луян Е. А. Использование спутниковых данных в системе дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2005. Т. 2. № 1. С. 20–29.
 8. Беляев А. И., Коровин Г. Н., Луян Е. А. Состояние и перспективы развития Российской системы дистанционного мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2006. Вып. 3. Т. 1. С. 341–350.
 9. Бурцев М. А., Успенский С. А., Крамарева Л. С., Антонов В. Н., Калашников А. В., Балашов И. В., Кашицкий А. В., Луян Е. А., Матвеев А. М., Прошин А. А. Современные возможности и перспективы развития Объединённой системы распределённой работы с данными НИЦ «Планета» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 198–212. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-198-212.
 10. Ершов Д. В., Коровин Г. Н., Луян Е. А., Мазуров А. А., Тащилин С. А. Российская система спутникового мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. Вып. 1. Т. 1. С. 47–57.
 11. Кашицкий А. В., Луян Е. А., Барталев С. А., Барталев С. С., Балашов И. В., Ефремов В. Ю., Стыценко Ф. В. Оптимизация интерактивных процедур картографирования гарей в информационных системах дистанционного мониторинга природных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 4. С. 7–16.
 12. Коровин Г. Н., Барталев С. А. Интегрированная система мониторинга лесных пожаров // Лесное хозяйство. 1998. № 4. С. 45–48.
 13. Котельников Р. В., Луян Е. А., Барталев С. А., Ершов Д. В. Космический мониторинг лесных пожаров: история создания и развития ИСДМ-Рослесхоз // Лесоведение. 2019. № 5. С. 399–409. DOI: 10.1134/S0024114819050048.
 14. Луян Е. А., Мазуров А. А., Флитман Е. В., Ершов Д. В., Коровин Г. Н., Новик В. П., Абушенко Н. А., Алтынецев Д. А., Кошелев В. В., Тащилин С. А., Татарников А. В., Сухинин А. И., Пономарев Е. И., Гришин А. М., Афонин С. В., Белов В. В., Гриднев Ю. В., Матвиенко Г. Г., Соловьев В. С., Антонов В. Н., Ткаченко В. А. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы: аналитический обзор. Новосибирск: ИОА СО РАН, 2003. Сер. «Экология». Вып. 68. 134 с.
 15. Луян Е. А., Барталев С. А., Ершов Д. В., Котельников Р. В., Балашов И. В., Бурцев М. А., Егоров В. А., Ефремов В. Ю., Жарко В. О., Ковганко К. А., Колбудаев П. А., Крашенинникова Ю. С., Прошин А. А., Мазуров А. А., Уваров И. А., Стыценко Ф. В., Сычугов И. Г., Флитман Е. В., Хвостиков С. А., Шуляк П. П. Организация работы со спутниковыми данными в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 222–250.
 16. Луян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Кашицкий А. В., Балашов И. В., Барталев С. А., Константинова А. М., Кобец Д. А., Мазуров А. А., Марченков В. В., Матвеев А. М., Радченко М. В., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. (2019а) Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151–170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.

17. Луян Е. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Бурцев М. А., Дмитриев В. В., Сенько К. С., Крашенинникова Ю. С. (2019) Лесные пожары на территории России: особенности пожароопасного сезона 2019 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 5. С. 356–363. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-356-363.
18. Стыценко Ф. В., Барталев С. А., Егоров В. А., Луян Е. А. Метод оценки степени повреждения лесов пожарами на основе спутниковых данных MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 1. С. 254–266.
19. Стыценко Ф. В., Барталев С. А., Иванова А. А., Луян Е. А., Сычугов И. Г. Возможности оценки площадей лесных пожаров в регионах России на основе данных спутникового детектирования активного горения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 6. С. 289–298. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-6-289-298.
20. Хвостиков С. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Ефремов В. Ю., Луян Е. А. Региональная оптимизация параметров прогнозной модели природных пожаров и оперативное моделирование динамики их развития с использованием данных спутниковых наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 3. С. 91–100.
21. Хвостиков С. А., Барталев С. А., Луян Е. А. Вероятностное прогнозирование развития природных пожаров методом Монте-Карло на основе интеграции в имитационную модель данных спутникового детектирования очагов горения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 145–156. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-5-145-156.
22. Шуляк П. П., Ершов Д. В., Коровин Г. Н. Контроль динамики крупных лесных пожаров и оценка эффективности и своевременности их обнаружения и тушения // Лесоведение. 2014. № 5. С. 30–41.
23. Abushenko N. A., Bartalev S. A., Belyaev A. I., Ershov D. V., Zakharov M. Y., Loupian E. A., Korovin G. N., Koshelev V. V., Krashenninnikova Yu. S., Mazurov A. A., Min'ko N. P., Nazirov R. R., Semenov S. M., Tashchilin S. A., Flitman E. V., Shchetinsky V. Y. Near Real-time Satellite Monitoring of Russia for Forest Fire Protection // Mapping Science and Remote Sensing. 1999. V. 36. No. 1. P. 54–61.

ISDM-Rosleskhoz: 15 years of operation and evolution

N. A. Kovalev¹, E. A. Loupian², I. V. Balashov², S. A. Bartalev²,
M. A. Burtsev², D. V. Ershov³, N. P. Krivosheev^{1, 2}, A. A. Mazurov²

¹ *Aerial Forest Protection Central Base (FBU Avialesookhrana)
Pushkino 141200, Russia
E-mail: aviales@aviales.ru*

² *Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru*

³ *Center for Forest Ecology and Productivity RAS
Moscow 117997, Russia*

The paper marks the 15-th anniversary of the Wildfires Monitoring Information System of the Federal Forestry Agency (ISDM-Rosleskhoz, <https://nffc.aviales.ru>). Creation and development of the system was partaken by many organizations, including the Aerial Forest Protection Central Base (Avialesookhrana), Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IKI RAS), Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences (CEPF RAS), State Research Center “Planeta”, OOO Inkom, Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISTP SB RAS), Saint Petersburg Forestry Research Institute (SPbNIIHLH). The system provides uniform near real-time information necessary for wildfires development and impact monitoring all over the Russia territory and border areas. The paper highlights the main trends and key stages of ISDM-Rosleskhoz development and evolution during the entire operation time span. Constant evolution of the System has made it grow and remain the largest system for monitoring wildfires and their impact operated by Forest Protection Services both in Russia and in the world. The paper also briefly provides priority development fields for the System for the coming years.

Keywords: wildfires remote monitoring, remote sensing, information systems, distributed data processing, satellite data processing, web interfaces, very large data archives, satellite data

Accepted: 28.12.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-283-291

References

1. Abushenko N. A., Bartalev S. A., Belyaev A. I., Ershov D. V., Zakharov M. Yu., Korovin G. N., Koshelev V. V., Krasheninnikova Yu. S., Loupian E. A., Mazurov A. A., Min'ko N. P., Nazirov R. R., Semenov S. M., Tashchilin S. A., Flitman E. V., Shchetinskii V. E., Opyt i perspektivy organizatsii operativnogo sputnikovogo monitoringa territorii Rossii v tselyakh sluzhby pozharookhrany lesov (Experience and Perspectives of Near-Realtime Satellite Monitoring of Russia's Territory for the Needs of Forest Fires Services), *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 1998, No. 3, pp. 89–95.
2. Abushenko N. A., Bartalev S. A., Belyaev A. I., Ershov D. V., Korovin G. N., Koshelev V. V., Loupian E. A., Krasheninnikova Yu. S., Mazurov A. A., Min'ko N. P., Nazirov R. R., Proshin A. A., Flitman E. V., Sistema sbora, obrabotki i dostavki sputnikovykh dannykh dlya resheniya operativnykh zadach sluzhby pozharookhrany lesov Rossii (The System for Satellite Data Collection, Processing and Distribution to Solve the Tasks of Forest Fire Protection Service of Russia), *Naukoemkie tekhnologii*, 2000, Vol. 1, No. 2, pp. 4–18.
3. Bartalev S. A., Ershov D. V., Korovin G. N., Kotelnikov R. V., Loupian E. A., Shchetinskii V. E., Informatsionnaya sistema distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva RF (sostoyanie i perspektivy razvitiya) (Forest fires remote monitoring information system of the Russian Federal Agency for Forestry (status and development prospects)), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Issue 5, Vol. 2, pp. 419–429.
4. Bartalev S. A., Ershov D. V., Korovin G. N., Kotelnikov R. V., Lupyana E. A., Tshetinskii V. E., Osnovnye vozmozhnosti i struktura informatsionnoi sistemy distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva (ISDM Rosleskhoz) (The main functionalities and structure of the Forest Fire Satellite Monitoring Information System of Russian Federal Forestry Agency (SMIS-Rosleskhoz)), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2010, Vol. 7, No. 2, pp. 97–105.
5. Bartalev S. A., Stytsenko F. V., Egorov V. A., Loupian E. A., Sputnikovaya otsenka gibeli lesov Rossii ot pozharov (Russia's forest fire damage estimation), *Lesovedenie*, 2015, No. 2, pp. 83–94.
6. Bartalev S. A., Egorov V. A., Zharko V. O., Loupian E. A., Plotnikov D. E., Khvostikov S. A., Shabanov N. V., *Sputnikovoe kartografirovaniye rastitel'nogo pokrova Rossii* (Land cover mapping over Russia using Earth observation data), Moscow: IKI RAN, 2016, 208 p.
7. Belyaev A. I., Korovin G. N., Loupian E. A., Ispol'zovanie sputnikovykh dannykh v sisteme distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov MPR RF (Using the satellite data in the system of forest fires remote monitoring of Russian Agency for Forest Resources), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2005, Issue 2, Vol. 1, pp. 20–29.
8. Belyaev A. I., Korovin G. N., Loupian E. A., Sostoyanie i perspektivy razvitiya Rossiiskoi sistemy distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov (Russian forest fires remote monitoring system development state and perspectives), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2006, Issue 3, Vol. 1, pp. 341–350.
9. Burtsev M. A., Uspenskii S. A., Kramareva L. S., Antonov V. N., Kalashnikov A. V., Balashov I. V., Kashnitskii A. V., Loupian E. A., Matveev A. M., Proshin A. A., Sovremennye vozmozhnosti i perspektivy razvitiya Ob'edinennoi sistemy raspredelennoi raboty s dannymi NITs "Planeta" (Actual features and evolution prospects of the SRC "Planeta" distributed data operation united system), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 198–212, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-198-212.
10. Ershov D. V., Korovin G. N., Loupian E. A., Mazurov A. A., Tashchilin S. A., Rossiiskaya sistema sputnikovogo monitoringa lesnykh pozharov (Russian forest fires satellite monitoring system), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, Issue 1, Vol. 1, pp. 47–57.
11. Kashnitskii A. V., Loupian E. A., Bartalev S. A., Bartalev S. S., Balashov I. V., Efremov V. Yu., Stytsenko F. V., Optimizatsiya interaktivnykh protsedur kartografirovaniya garei v informatsionnykh sistemakh distantsionnogo monitoringa prirodnykh pozharov (Optimization of burn mapping interactive procedures in remote fire monitoring information systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 4, pp. 7–16.
12. Korovin G. N., Bartalev S. A., Integrirovannaya sistema monitoringa lesnykh pozharov (Forest fires monitoring integrated system), *Lesnoe khozyastvo*, 1998, No. 4, pp. 45–48.

13. Kotel'nikov R. V., Lupyan E. A., Bartalev S. A., Ershov D. V., Kosmicheskii monitoring lesnykh pozharov: istoriya sozdaniya i razvitiya ISDM-Rosleskhoz (Space Monitoring of Forest Fires: History of Creation and Development of ISDM-Rosleskhoz), *Lesovedenie*, 2019, No. 5, pp. 399–409, DOI: 10.1134/S0024114819050048.
14. Loupian E. A., Mazurov A. A., Flitman E. V., Ershov D. V., Korovin G. N., Novik V. P., Abushenko N. A., Altyntsev D. A., Koshelev V. V., Tashchilin S. A., Tatarnikov A. V., Sukhinin A. I., Ponomarev E. I., Grishin A. M., Afonin S. V., Belov V. V., Gridnev Yu. V., Matvienko G. G., Solov'ev V. S., Antonov V. N., Tkachenko V. A., *Sputnikovyi monitoring lesnykh pozharov v Rossii. Itogi. Problemy. Perspektivy: analiticheskii obzor* (Satellite Monitoring of Forrest Fires in Russia. Results. Problems. Perspectives: analytical review), Novosibirsk: IOA SO RAN, 2003, Ser. "Ekologiya", Issue 68, 134 p.
15. Loupian E. A., Bartalev S. A., Ershov D. V., Kotel'nikov R. V., Balashov I. V., Burtsev M. A., Egorov V. A., Efremov V. Yu., Zharko V. O., Kavganko K. A., Kolbudaev P. A., Krasheninnikova Yu. S., Proshin A. A., Mazurov A. A., Uvarov I. A., Stytsenko F. V., Sychugov I. G., Flitman E. V., Khvostikov S. A., Shulyak P. P., Organizatsiya raboty so sputnikovymi dannymi v informatsionnoi sisteme distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva (ISDM-Rosleskhoz) (Satellite data processing management in Forest Fires Remote Monitoring Information System (ISDM-Rosleskhoz) of the Federal Agency for Forestry), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 222–250.
16. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Kashnitskii A. V., Balashov I. V., Bartalev S. A., Konstantinova A. M., Kobets D. A., Mazurov A. A., Marchenkov V. V., Matveev A. M., Radchenko M. V., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A. (2019a), Opyt ekspluatatsii i razvitiya tsentra kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovyykh dannykh (TsKP "IKI-Monitoring") (Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
17. Loupian E. A., Balashov I. V., Bartalev S. A., Burtsev M. A., Dmitriev V. V., Senko K. S., Krasheninnikova Yu. S. (2019b), Lesnye pozhary na territorii Rossii: osobennosti pozharoopasnogo sezona 2019 g. (Forest fires in Russia: specifics of the 2019 fire season), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 5, pp. 356–363, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-356-363.
18. Stytsenko F. V., Bartalev S. A., Egorov V. A., Loupian E. A., Metod otsenki stepeni povrezhdeniya lesov pozharami na osnove sputnikovyykh dannykh MODIS (Post-fire forest tree mortality assessment method using MODIS satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2013, Vol. 10, No. 1, pp. 254–266.
19. Stytsenko F. V., Bartalev S. A., Ivanova A. A., Loupian E. A., Sychugov I. G., Vozmozhnosti otsenki ploshchadei lesnykh pozharov v regionakh Rossii na osnove dannykh sputnikovogo detektirovaniya aktivnogo gorennya (Forest burnt area assessment possibilities in regions of Russia based on active fires detection by satellites), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 6, pp. 289–298, DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-6-289-298.
20. Khvostikov S. A., Balashov I. V., Bartalev S. A., Efremov V. Yu., Loupian E. A., Regional'naya optimizatsiya parametrov prognoznoi modeli prirodnykh pozharov i operativnoe modelirovanie dinamiki ikh razvitiya s ispol'zovaniem dannykh sputnikovyykh nablyudenii (Regional scale optimization of wildfire model parameters and modeling of wildfire dynamic using remote sensing data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 3, pp. 91–100.
21. Khvostikov S. A., Bartalev S. A., Loupian E. A., Veroyatnostnoe prognozirovaniye razvitiya prirodnykh pozharov metodom Monte-Karlo na osnove integratsii v imitatsionnuyu model' dannykh sputnikovogo detektirovaniya ochagov gorennya (Stochastic wildfire model based on Monte-Carlo method and remote sensing data integration), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 5, pp. 145–156, DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-5-145-156.
22. Shulyak P. P., Ershov D. V., Korovin G. N., Kontrol' dinamiki krupnykh lesnykh pozharov i otsenka effektivnosti i svoevremennosti ikh obnaruzheniya i tusheniya (Control of large forest fires dynamics and estimating of efficiency and timeliness of the detection and suppression), *Lesovedenie*, 2014, No. 5, pp. 30–41.
23. Abushenko N. A., Bartalev S. A., Belyaev A. I., Ershov D. V., Zakharov M. Y., Loupian E. A., Korovin G. N., Koshelev V. V., Krasheninnikova Yu. S., Mazurov A. A., Min'ko N. P., Nazirov R. R., Semenov S. M., Tashchilin S. A., Flitman E. V., Shchetinsky V. Y., Near Real-time Satellite Monitoring of Russia for Forest Fire Protection, *Mapping Science and Remote Sensing*, 1999, Vol. 36, No. 1, pp. 54–61.