

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СВЯЗАННОСТИ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

© 2019 г. А.А. Лутовинов^{1*}, Е.А. Лупян^{1**}, М.А. Погосян^{2***}, А.О. Шемяков^{2****}

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

²Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

*E-mail: lutovinov@iki.rssi.ru; **E-mail: evgeny@d902.iki.rssi.ru;

E-mail: mai@mai.ru; *E-mail: shemyakov@mai.ru

Поступила в редакцию 03.12.2018 г.

Поступила после доработки 23.01.2019 г.

Принята к публикации 20.02.2019 г.

Авторами представлены описание, научно-технические задачи и перспективы развития Системы объективного дистанционного мониторинга объектов и ресурсов на территории России. Основная задача такой системы – получение объективной оперативной информации для оценки текущего состояния областей и регионов, их ресурсного потенциала, планирования направлений развития страны, а также объективного контроля за выполнением инфраструктурных проектов. Предлагаемая система может стать составной частью комплексных научно-технологических проектов и программ, направленных на решение задач связанности территории России.

Ключевые слова: информационные системы дистанционного мониторинга, спутниковые системы наблюдения Земли, технологии автоматизированной обработки данных, данные дистанционного зондирования, распределенные информационные системы, сверхбольшие архивы данных, объективная информация, связанность территорий.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895502-508>

Одной из составных частей комплексных научно-технологических проектов и программ, направленных на решение задач объединения территории нашей страны, является Система объективного дистанционного мониторинга объектов и ресурсов для обеспечения информационной связанности России. Основная задача системы – получение объективной оперативной информации для оценки текущего состояния областей и регионов, их ресурсного потенциала, планирования направлений развития, а также контроля за выполнением различных проектов. Отсутствие независимой от субъективных оценок, человеческого фактора, мнений заинтересованных ведомств интегральной информации не всегда позволяет дать объективную оценку те-

кущего состояния регионов, а в масштабах страны затрудняет, а иногда и делает невозможным стратегическое планирование и прогнозирование её развития, приводит к серьёзным недочётам в определении наиболее значимых точек роста, необходимости поддержки тех или иных проектов и способов их реализации.

Очевидно, что получать такую объективную информацию можно только методами дистанционного зондирования из космоса или с летательных аппаратов. Это обусловлено, во-первых, тем фактом, что наша страна имеет огромную территорию, большая часть которой малонаселена, а во-вторых, тем, что современные технологии позволяют проводить полностью автоматизированную обработку сверхбольших объёмов данных дистанционного зондирования, свидетельство чему – прорывные отечественные разработки в этой области. Российские специалисты по дистанционному зондированию используют данные не только отечественной группировки спутников, но и находящиеся в открытом доступе данные зарубежных космических аппаратов, что позволяет проводить комплексный анализ состояния территории нашей страны.

ЛУТОВИНОВ Александр Анатольевич – доктор физико-математических наук, профессор РАН, заместитель директора по научной работе ИКИ РАН. ЛУПЯН Евгений Аркадьевич – доктор технических наук, заместитель директора ИКИ РАН. ПОГОСЯН Михаил Асланович, – академик РАН, ректор МАИ (НИУ). ШЕМЯКОВ Александр Олегович – кандидат технических наук, проректор по стратегическому развитию МАИ (НИУ).

Технологическая основа создания системы объективного дистанционного мониторинга. Своевременность создания такой системы во многом определяется тем, что в области спутникового дистанционного зондирования в последнее десятилетие произошли большие, во многих случаях революционные изменения. К ним в первую очередь относятся:

- развитие систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в том числе рост их количественных и качественных характеристик; как следствие – взрывное увеличение объёма получаемой от них информации;
- быстрое развитие методов автоматизированной обработки данных ДЗЗ, позволившее начать массовое получение объективной информации о различных объектах и ресурсах;
- развитие информационных технологий, обеспечивающих максимально автоматизированную, в том числе распределённую, работу с данными ДЗЗ, а также их хранение;
- создание и внедрение специализированных систем дистанционного мониторинга.

Ниже мы лишь кратко проиллюстрируем эти изменения.

Развитие систем ДЗЗ. По состоянию на начало 2018 г. на орбите Земли действовало более 420 (по данным <http://database.eohandbook.com>) космических аппаратов ДЗЗ, данные нескольких десятков из которых общедоступны. По нашему мнению, настоящим прорывом в развитии средств ДЗЗ стал запуск и ввод в эксплуатацию полной группировки Planet Labs (США), в которую входит около 200 микроспутников (по данным NORAD – Командования воздушно-космической обороны Северной Америки). Есть все основания полагать, что в ближайшие годы с учётом уменьшения стоимости создания спутников (за счёт использования готовых решений и стандартизированных платформ типа Cubesat), будут созданы и другие крупные спутниковые группировки. Так, по оценкам фирмы Euroconsult, к 2026 г. на орбите будет действовать более 1000 систем ДЗЗ [1], что приведёт к фактически взрывному росту объёма данных, поступающих от систем ДЗЗ. Это подтверждает сделанные несколько лет назад прогнозы Европейского космического агентства (ESA) [2] о фактически экспоненциальном росте в ближайшие годы объёмов архивов спутниковых данных и получаемых на их основе различных информационных продуктов (рис. 1). Прогнозы иллюстрируются примерами, приведёнными на рисунках 2 и 3.

Развитие методов автоматизированной обработки данных ДЗЗ. В последние годы активно совершенствуются методы автоматизированной обработки данных ДЗЗ для обеспечения воз-

можности получения объективной информации в различных областях – от контроля ресурсов и процессов до оценки чрезвычайных ситуаций и их последствий. Эти работы успешно ведутся и в России. Например, особую актуальность приобрело создание методов анализа данных ДЗЗ для оценки и мониторинга лесных ресурсов, потому что леса России относятся к важнейшей составляющей ресурсно-экологического потенциала страны. Но будучи бесспорным мировым лидером по объёму этого природного богатства, наша страна в настоящее время обладает лишь весьма приблизительным представлением о нём, поскольку не располагает точными сведениями о характеристиках лесов, необходимыми для понимания их экономического и экологического потенциала, а следовательно, и правильного его использования [3, 4]. Между тем современный этап развития методологии спутникового мониторинга лесов определяется беспрецедентно высоким уровнем доступности спутниковых данных, возможностью их оперативного получения и формирования однородных по радиометрическому и геометрическому качеству многолетних рядов, развитием автоматических технологий предварительной и тематической обработки данных. Это позволило разработать в России, в первую очередь в институтах РАН (Институт космических исследований, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов и др.), уникальные технологии дистанционного мониторинга лесов, которые в настоящее время активно используются для решения как научных, так и прикладных задач [3, 5]. Уже сегодня они позволяют на локальном, региональном, федеральном и глобальном уровне регулярно обеспечивать получение объективной информации, необходимой для оптимизации управления доступными лесными ресурсами, в том числе для решения следующих задач:

- охрана лесов от пожаров;
- защита от насекомых-вредителей и болезней;
- организация и контроль лесопользования (в том числе выявление незаконных рубок), работ по воспроизводству лесов;
- контроль использования лесных участков, предоставленных в аренду, постоянное (бессрочное) и безвозмездное срочное пользование;
- контроль охотничьих ресурсов.

Таким образом, в настоящее время имеется возможность обеспечивать на основе современных технологий ДЗЗ целую отрасль объективной оперативной информацией, необходимой для её эффективного функционирования. Такие технологии могут быть достаточно быстро разработаны и в интересах других отраслей и направлений деятельности.

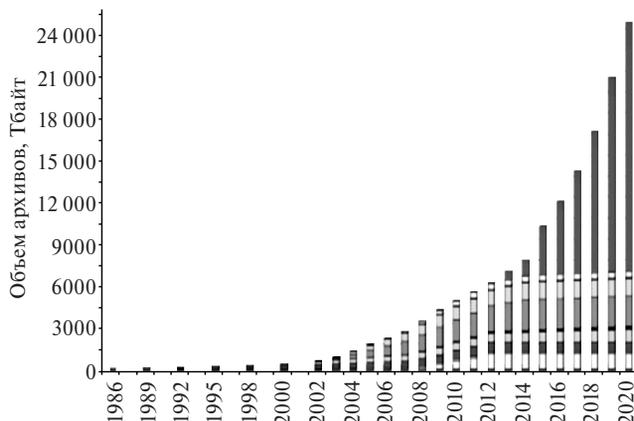


Рис. 1. Темпы роста архивов данных ESA, в том числе прогнозируемые до 2020 г.

Цветом обозначен вклад разных спутников и их группировок в рост объема данных (подробнее см. М. Альбани, 2012)

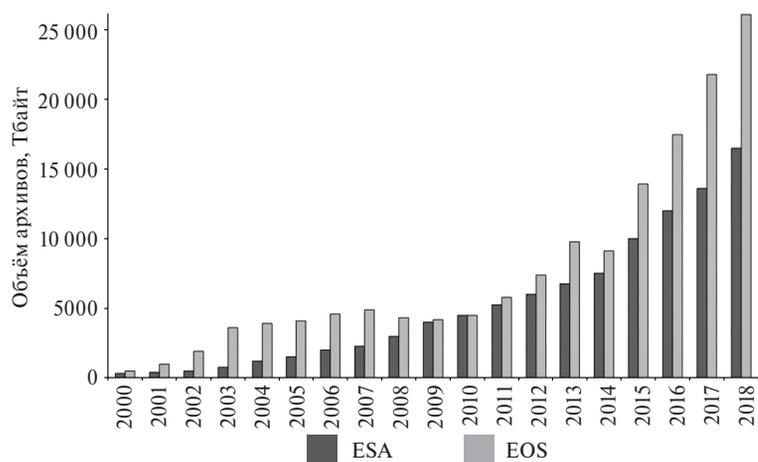


Рис. 2. Темпы роста архивов ESA* и EOS**

*По данным https://earth.esa.int/documents/1656065/1664726/8-LTDP_activities_future.pdf

**По данным <https://earthdata.nasa.gov/eosdis-cumulus-project>

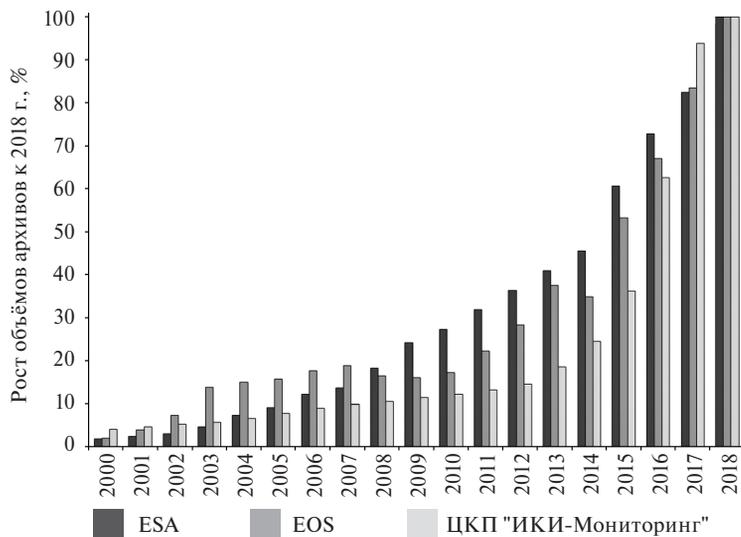


Рис. 3. Относительные темпы роста архивов ESA, EOS и ЦКП "ИКИ-Мониторинг" (нормированные на объем архивов в 2018 г.)

Развитие технологий ДЗЗ. Расширение возможностей систем ДЗЗ и новые методы обработки данных позволяют существенно расширить круг применения методов дистанционного зондирования. В связи с этим потребовались специальные технологии, которые могли бы обеспечить практически полностью автоматизированный цикл получения, архивации, обработки и распространения информации на основе данных ДЗЗ и в итоге – построения информационных систем дистанционного мониторинга различных объектов, процессов и ресурсов. Работы по созданию таких технологий в последнее десятилетие активно ведутся в России, в основном силами институтов РАН (см., например, [6]). Возможности данных технологий описаны в работах [7–10].

Создание специализированных систем дистанционного мониторинга. По разным оценкам, в нашей стране действуют несколько десятков специализированных региональных и федеральных систем дистанционного мониторинга, созданных в последнее десятилетие и решающих научные и прикладные задачи. В этом отношении Россия сегодня не уступает наиболее развитым странам. Отметим, что подавляющее большинство действующих в стране систем созданы с использованием методов, подходов и технологий, разработанных в институтах РАН. В их числе:

- информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз, <http://www.pushkino.aviales.ru>) [11, 12], обеспечивающая мониторинг лесных пожаров на всей территории России;

- отраслевая информационная система мониторинга Федерального агентства рыбного хозяйства (ОСМ Росрыболовства, <http://osm.smislab.ru/>), ориентированная на мониторинг промысловых судов [13];

- объединённая система работы с архивами спутниковых данных центров приёма НИЦ "Планета" Росгидромета (<http://moscow.planeta.geosmis.ru/>), позволяющая решать задачи в области метеорологии и мониторинга окружающей среды [14];

- информационная система "Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил" VolSatView (<http://volcanoes.smislab.ru/>) для решения задач мониторинга и изучения вулканической активности Камчатки и Курил [15];

- спутниковый сервис See The Sea (<http://ocean.smislab.ru/>) – информационная система, ориентированная на работу с данными спутниковых наблюдений для решения междисциплинарных научных задач исследования Мирового океана [16].

Всё сказанное выше можно предварительно суммировать следующим образом. Созданы новые методы обработки данных. Сформирована

уникальная структура работ с этими данными, она ничем не уступает, а в чём-то и превосходит западные аналоги. Накоплены уникальные многолетние архивы данных. Они важны потому, что необходимо не только в настоящий момент знать о происходящем на той или иной территории, но и уметь прогнозировать её дальнейшее развитие, а для этого надо иметь представление о состоянии региона в недавнем прошлом – 10–30 лет назад. Исследования по ДЗЗ ведутся в нескольких десятках институтов и вузов, они находят реальное применение, в частности, более 80% действующих информационных систем дистанционного мониторинга созданы с участием научных организаций Российской академии наук и Министерства науки и высшего образования РФ. Таким образом, уже подготовлена техническая и технологическая основа создания системы объективного дистанционного мониторинга объектов и ресурсов на территории РФ для обеспечения информационной связанности страны.

Общая схема системы, потенциальные заказчики и потребители. Создаваемая информационная система должна решать две основные задачи: первая из них – получение объективной оперативной информации для оценки и контроля состояния ресурсов (лесных, водных, сельскохозяйственных, минеральных и т. д.), развития регионов (энерговыделение, использование земель, строительство и т. д.), транспортной инфраструктуры (развитость, планирование развития, строительство), последствий чрезвычайных ситуаций (ущерб, ресурсы для ликвидации), экологии, контроля выполнения работ, субсидируемых из федерального бюджета; вторая задача – предоставление инструментов для распределённой работы с информацией. Таким образом, в первую очередь система будет востребована федеральными и региональными органами власти, потому что должна обеспечить объективный оперативный контроль состояния регионов, планирование и прогнозирование развития, эффективность управления.

Кроме того, система может быть востребована и реальным сектором экономики для получения объективной информации при планировании работ и инвестиционных проектов. Необходимо отметить, что даже крупные компании обычно заинтересованы в получении информации о каком-то довольно ограниченном наборе процессов и ресурсов и не обращают должного внимания на развитие комплексных систем мониторинга территорий. Более того, в ряде случаев компании желали бы избежать появления методов объективного контроля за их деятельностью на той или иной территории. Однако если подобная система появится, бизнес, безусловно, станет её потребителем. Это касается и крупных компаний, работающих во многих реги-

онах, и компаний, планирующих расширить своё присутствие в регионах, а также банков, страхового бизнеса. Для компаний, разрабатывающих и предлагающих информационные услуги, участие в проекте может быть привлекательно тем, что в дальнейшем у них появится возможность расширять сферу своих услуг.

На рисунке 4 показана общая схема создаваемой системы. Два нижних уровня представляют собой техническую и технологическую основу её разработки и уровень специализированных информационных систем (как уже существующих, так и вновь создаваемых или дорабатываемых). Третий уровень предполагает интеграцию, сбор и обработку информации. Как отмечено выше, современные системы дистанционного мониторинга решают вполне конкретные прикладные задачи, имеют достаточно много параметров, и для разных систем они разные. Чтобы полученные данные использовать для анализа и принятия решения, необходимо отобрать ключевые параметры каждой системы, провести между ними корреляцию и интеграцию информации и выдать её на следующий уровень – аналитический, на котором интегрированная информация используется для оценки состояния территории

страны, прогнозирования и планирования развития. Результаты работы на этом уровне могут быть использованы в качестве объективных данных для планирования и прогнозирования при принятии управленческих решений на разных этапах исполнительной власти.

Научно-технические задачи и разрабатываемые технологии. Научно-технические задачи, на решение которых направлен проект, могут быть сведены в четыре больших блока:

- создание технологии дистанционного мониторинга всей территории России для получения объективных характеристик состояния её регионов (состояние объектов инфраструктуры, динамика развития, состояние окружающей среды и природных ресурсов);
- создание информационной системы (включая техническую инфраструктуру), обеспечивающей оперативное получение объективных характеристик состояния регионов России;
- разработка и внедрение научно-обоснованных подходов использования информации, получаемой в результате автоматизированного оперативного дистанционного мониторинга, для принятия решений по управлению и развитию Российской Федерации;



Рис. 4. Общая схема системы и её блоки

Тёмно-серым цветом отмечены уже существующие блоки, светло-серым – требующие доработки или вновь разрабатываемые блоки

- подготовка специалистов нового поколения, способных эффективно внедрять и использовать разработанные технологии, методы и системы.

Решение этих задач потребует новых технологий для эффективной работы с данными ДЗЗ при принятии управленческих решений. В их числе:

- технологии работы со сверхбольшими распределёнными архивами;
- новые автоматизированные методы обработки данных, позволяющие получать количественные объективные характеристики различных явлений, процессов и объектов;
- модели развития процессов и явлений, ориентированные на использование данных ДЗЗ для принятия управленческих решений;
- новые уже внедрённые информационные системы дистанционного мониторинга, многие из которых включены в циклы принятия решений;
- методы оценки динамики развития региона на основе объективной информации, получаемой с помощью ДЗЗ, включая критерии оценки эффективности управления регионами;
- методы использования получаемой информации для проведения оценок, планирования и прогнозирования развития регионов, в том числе контроля и планирования транспортной инфраструктуры;
- методы объективной оценки ущерба от неблагоприятных природных и антропогенных воздействий.

Предлагаемая система в первую очередь обеспечит технологическую основу получения объективной оперативной информации на всей территории страны. Она создаст технологическую базу для планирования контроля крупных инфраструктурных проектов и, безусловно, будет способствовать развитию технологий во многих областях, начиная от космоса, авиации, агро- и аквахозяйства, картографии, геоинформационных систем и заканчивая проблематикой социальных и экономических наук, затрагивающей новые методы планирования, управления, принятия решений.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Статья подготовлена в рамках разрабатываемой в Институте космических исследований РАН темы "Мониторинг", госрегистрация № 01200602988.

ЛИТЕРАТУРА

1. Euroconsult, Satellites to be built & launched by 2026. 2017. <http://www.euroconsult-ec.com/research/satellites-built-launched-by-2026-brochure.pdf>
2. Albani M. Long Term Data Preservation: status of activities and future ESA programme // Presented at GSCB Workshop 2012 ESA/ESRIN, Frascati 6–7 June 2012. <https://>

earth.esa.int/documents/1656065/1664726/8-LTDP_activities_future.pdf

3. Исаев А. С., Барталёв С. А., Лупян Е. А., Лукина Н. В. Спутниковое зондирование Земли – уникальный инструмент мониторинга лесов России // Вестник РАН. 2014. № 12. С. 1073–1079.
4. Лукина Н. В., Исаев А. С., Крышень А. М. и др. Приоритетные направления развития лесной науки как основы устойчивого управления лесами // Лесоведение. 2015. № 4. С. 243–254.
5. Барталёв С. А., Егоров В. А., Жарко В. О. и др. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016.
6. Лупян Е. А., Саворский В. П., Шокин Ю. И. и др. Современные подходы и технологии организации работы с данными дистанционного зондирования для решения научных задач // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. № 5. С. 21–44.
7. Лупян Е. А., Балашов И. В., Бурцев М. А. и др. Создание технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. № 5. С. 53–75.
8. Кашницкий А. В., Лупян Е. А., Балашов И. В., Константинова А. М. Технология создания инструментов обработки и анализа данных сверхбольших распределённых спутниковых архивов // Оптика атмосферы и океана. 2016. № 9. С. 772–777.
9. Лупян Е. А., Бурцев М. А., Прошин А. А., Кобец Д. А. Развитие подходов к построению информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. № 3. С. 53–66.
10. Прошин А. А., Лупян Е. А., Балашов И. В. и др. Создание унифицированной системы ведения архивов спутниковых данных, предназначенной для построения современных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. № 3. С. 9–27.
11. Барталёв С. А., Ершов Д. В., Коровин Г. Н. и др. Основные возможности и структура информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. № 2. С. 97–105.
12. Лупян Е. А., Барталёв С. А., Ершов Д. В. и др. 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. № 5. С. 222–250.
13. Пырьков В. Н., Солодилов А. В., Дегай А. Ю. Создание и внедрение новых спутниковых технологий в системе мониторинга рыболовства // Современные

- проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. № 5. С. 251–262.
14. Лупян Е.А., Милехин О.Е., Антонов В.Н. и др. Система работы с объединёнными информационными ресурсами, получаемыми на основе спутниковых данных в центрах НИЦ "Планета" // Метеорология и гидрология. 2014. № 12. С. 89–97.
15. Гордеев Е.И., Гирина О.А., Лупян Е.А. и др. Информационная система VolSatView для решения задач мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил // Вулканология и сейсмология. 2016. № 6. С. 1–16.
16. Лупян Е.А., Матвеев А.М., Уваров И.А. и др. Спутниковый сервис See the Sea – инструмент для изучения процессов и явлений на поверхности океана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. № 2. С. 251–262.

PROVIDING TERRITORIAL CONNECTIVITY OF RUSSIAN FEDERATION WITH USAGE OF EARTH'S REMOTE SENSING

© 2019 А.А. Lutovinov^{1*}, Е.А. Lupyan^{1**}, М.А. Pogosyan^{2***}, А.О. Shemyakov^{2****}

¹Space Research Institute of RAS, Moscow, Russia

²Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

*E-mail: lutovinov@iki.rssi.ru; **E-mail: evgeny@d902.iki.rssi.ru;

E-mail: mai@mai.ru; *E-mail: shemyakov@mai.ru

Received 03.12.2018

Revised received 23.01.2019

Accepted 20.02.2019

The authors presented a description, scientific and technical tasks, and development prospects of the System of objective remote monitoring of facilities and resources in Russia. The main task of such a system is to obtain objective operational information for assessing the current state of regions, their resource potential, planning the development of the country, as well as objective monitoring of the realization of infrastructure projects. The proposed system can become an integral part of complex scientific and technological projects and programs aimed at solving the problems of connectedness of the territory of Russia.

Keywords: remote monitoring information systems, Earth observation satellite systems, automated data processing technologies, remote sensing data, distributed information systems, extra-large data archives, objective information, connectedness of territories.