Технологии ведения банка базовых продуктов ДЗЗ для задач цифровой экономики РФ

А. Н. Марков, А. И. Васильев, Н. А. Ольшевский, А. В. Крылов,
Б. Б. Салимонов, П. А. Синяев, Р. А. Михаленков, Е. В. Волкова

*Научный центр оперативного мониторинга Земли
АО «Российские космические системы», Москва, 127490, Россия
E-mail: contact@spacecorp.ru*

В рамках национальной программы «Цифровая экономика» Госкорпорация «Роскосмос» реализует отраслевой проект «Цифровая Земля», направленный на создание информационной системы (цифровой платформы) «Цифровая Земля» для обеспечения доступа потребителей к единому сплошному многослойному динамическому покрытию (ЕСМДП), а также тематическим сервисам на его основе. При этом ЕСМДП определяется как многоуровневая иерархическая совокупность информационных продуктов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), включая технологические данные, продукты стандартной обработки, упорядоченные по целевым характеристикам, а также регламентировано-обновляемые бесшовные сплошные покрытия (БСП) регионов РФ. В настоящей статье рассматриваются технологии ведения разработанного по заказу Госкорпорации «Роскосмос» геоинформационного сервиса «Банк базовых продуктов» (ББП) в обеспечение формирования и предоставления бесшовных сплошных покрытий из состава ЕСМДП. Представлена объектная модель каталога информационных продуктов ДЗЗ, разработанная на базе стандарта ISO 19115. Объектная модель обеспечивает ведение архивов стандартных и базовых тематических продуктов, формируемых на их основе бесшовных сплошных покрытий, а также иерархических связей между продуктами. Рассмотрена модель управления технологическими процессами, реализованная в виде распределённого программного каркаса, включающего веб-сервис для ведения статусных моделей процессов, а также программы-демоны, развёрнутые на вычислительных узлах, в обеспечение имплементации прикладных программ технологических процессов. Приведена реализованная технологическая модель процесса формирования бесшовного сплошного покрытия с учётом верификации, а также подход к предоставлению БСП потребителям: онлайн-доступ к «тайлированным» покрытиям (в соответствии с XYZ-протоколом), а также асинхронный доступ (через регистрацию заказа) к полноразмерным данным БСП. Демонстрируются примеры БСП для различных регионов РФ, сформированные по данным отечественной орбитальной группировки космических аппаратов ДЗЗ с использованием рассмотренных технологий. В заключении приводится соответствие технологий ББП ряду целевых и функциональных требований цифровой платформы «Цифровая Земля».

Ключевые слова: цифровая экономика, дистанционное зондирование Земли, цифровая Земля, цифровая платформа, банк базовых продуктов, бесшовные сплошные покрытия

Одобрена к печати: 18.09.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-79-90

Введение

Утверждённая Правительством РФ национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», направленная на реализацию государственной стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг., должна способствовать созданию благоприятных условий для повышения благосостояния и качества жизни граждан России, в том числе за счёт большей доступности и улучшения качества товаров и услуг, произведённых с использованием современных цифровых технологий. И необходимость существования таких условий была отмечена и учтена ранее Государственной корпорацией по космической деятельности «Роскосмос» при утверждении Федеральной космической программы (ФКП) на периоды 2006–2015 и 2016–2025 гг. с акцентами на работе с информационными ресурсами на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в интересах различных потребителей. Таким образом, создаётся основа для последующего развития

имеющихся результатов разработок в рамках ФКП уже на уровне национальной программы во исполнение государственной стратегии.

Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» включает проект федерального уровня «Информационная инфраструктура», в рамках которого Госкорпорация «Роскосмос» реализует отраслевой проект «Цифровая Земля» (Заичко и др., 2019). Этот проект направлен на создание информационной системы (цифровой платформы) «Цифровая Земля» для обеспечения доступа потребителей к единому сплошному многослойному динамическому покрытию (ЕСМДП).

Под ЕСМДП (Марков и др., 2019б) понимается многоуровневая совокупность наборов растровых данных ДЗЗ, включающая:

- 1) опорное покрытие, обеспечивающее верификацию геодезической привязки отдельных маршрутов (сцен) мультимасштабного динамического покрытия;
- 2) мультимасштабное динамическое покрытие, представляющее собой совокупность наборов маршрутов (сцен) съёмки земной поверхности, в рамках которой каждый набор обеспечивает многократное сплошное покрытие территории РФ для заданного пространственного разрешения;
- 3) мультимасштабное мозаичное покрытие — совокупность бесшовных сплошных покрытий (БСП) территории РФ, сформированных на основе данных мультимасштабного динамического покрытия за различные временные интервалы и обновляемых за регламентированные промежутки времени.

Рис. 1. Компонентная структура ЕСМДП

На рис. 1 показана структура ЕСМДП, а также возможности группировки российских космических спутников (КС) ДЗЗ по формированию и обновлению бесшовных сплошных покрытий из состава ЕСМДП (таблица). Приведённые оценки получены на основе анализа архивов НКПОР-О (наземный комплекс приёма, обработки и распространения спутниковой информации) при опытном формировании БСП с минимальным уровнем облачности для различных регионов РФ и за разные временные периоды.

Характеристики бесшовных сплошных покрытий из состава ЕСМДП

Слой	Размер пикселя, м	Аппаратура, тип космического аппарата	Размер покрытия	Обновление
БСП-В1	1	«Геотон-Л1», «Ресурс-П»	Региональный	3–5 лет
БСП-В2	3	МСС/ПСС, «Канопус-В»		1–3 года
БСП-С1	15	ШМСА-ВР, «Ресурс-П»	Федеральный	3–12 мес
БСП-С2	60	КМСС, «Метеор-М»		0,5–1 мес
БСП-Н1	1000	МСУ-МР, «Метеор-М»	Глобальный	1–3 дня

Примечание: МСС/ПСС — многозональная и панхроматическая съёмочные системы; ШМСА-ВР — широкозахватная мультиспектральная съёмочная аппаратура высокого разрешения; КМСС — комплекс многозональной спутниковой съёмки.

Разработка цифровой платформы, обеспечивающей формирование и обновление ЕСМДП, поддерживающей создание и предоставление различных производных информационных продуктов ДЗЗ на основе ЕСМДП, а также их анализ и обработку с использованием специализированных тематических веб-сервисов, представляется целевой задачей проекта «Цифровая Земля». Такой широкий функционал разрабатываемой в настоящее время (2020) вычислительной среды соответствует современным тенденциям в части применения облачных технологий для обработки и предоставления космической информации ДЗЗ. Например, веб-сервисы государственных зарубежных операторов: НАСА (Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства, *англ.* NASA — National Aeronautics and Space Administration) (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>), Геологической службы США (United States Geological Survey — USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), Европейского космического агентства (*англ.* European Space Agency — ESA) (<https://www.sentinel-hub.com/>) — обеспечивают онлайн-доступ к данным и информационным продуктам ДЗЗ среднего и низкого разрешения. Для данных высокого и сверхвысокого разрешения коммерческие операторы космических систем предоставляют потребителям доступ к бесшовным сплошным покрытиям (<https://www.planet.com/>), а также к вычислительным и программным средствам для их обработки (<https://www.digitalglobe.com/products/gbdx>). Среди отечественных решений следует отметить информационную систему ВЕГА (<http://sci-vega.ru/>), обеспечивающую доступ к многолетним архивам данных ДЗЗ (преимущественно зарубежных КС ДЗЗ), а также широкий инструментарий их тематической онлайн-обработки. Кроме того, следует отметить Геопортал «Роскосмоса» (<http://gptl.ru/>), обеспечивающий предоставление продуктов стандартной обработки данных российских КС ДЗЗ, а также геоинформационный сервис «Банк базовых продуктов» (<https://bbp.ntsomz.ru/>), предназначенный для формирования высокоуровневых (Лупян, Саворский, 2012; Стрёмов и др., 2019) информационных продуктов на основе отечественных данных ДЗЗ.

Учитывая направленность разрабатываемой цифровой платформы на формирование ЕСМДП преимущественно по данным отечественной орбитальной группировки КС ДЗЗ, более подробно рассмотрим технологические решения по формированию и предоставлению входящих в его состав бесшовных сплошных покрытий, реализованные в геоинформационном сервисе «Банк базовых продуктов» (ББП) (Селин и др., 2019).

Развитие технологий ББП в обеспечение формирования и предоставления бесшовных сплошных покрытий

Обобщённая структурно-технологическая схема ББП приведена на *рис. 2* (см. с. 82). На схеме выделены основные компоненты ББП в виде функциональных блоков, а также стрелками определён ход движения данных и управляющих команд между блоками. Более подробно архитектура геоинформационного сервиса представлена в статье (Марков и др., 2016).

Рис. 2. Структурно-технологическая схема ББП. Сплошные стрелки — данные и продукты дистанционного зондирования; пунктирные стрелки — управляющие команды

Рис. 3. Структурная uml-диаграмма сущностей объектной модели каталога базовых продуктов ДЗЗ

Рис. 4. Обобщённая схема блока управления процессами формирования продуктов

Центральным элементом ББП становится блок оперативного и долговременного хранения продуктов ДЗЗ. В обеспечение ведения архива различных видов продуктов разработана специализированная объектная модель каталога данных в виде расширения международного стандарта ISO 19115. Ключевыми элементами предлагаемой объектной модели оказываются типизация и иерархичность хранимых сущностей, а также фрагментарность информационных продуктов. Объектная модель предусматривает хранение трёх основных видов продуктов: стандартного базового продукта, тематического базового продукта и мозаичного покрытия (или бесшовного сплошного покрытия), формируемого как на основе стандартных базовых продуктов, так и тематических. На *рис. 3* (см. с. 82) приведена структурная uml-диаграмма сущностей объектной модели, демонстрирующая иерархию типов. При этом серым цветом отмечены логические сущности, обеспечивающие группировку нижестоящих (в рамках каталога), зелёным цветом обозначены типы данных, для которых доступны полноразмерные растровые данные информационных продуктов в долговременном и/или оперативном архиве. Синим цветом обозначены связи типа «наследование» («дочерний» расширяет атрибутику «родителя»), зелёным — ассоциативные связи, красным — агрегирующие связи.

Функциональный блок управления процессами формирования продуктов ДЗЗ предназначен для диспетчеризации технологических процессов, декомпозиции процессов на элементарные задачи, а также администрирования выполнения этих задач. Программная модель данного блока рассматривается в публикации (Марков и др., 2018а) и представляет собой трёхуровневый программный каркас, в рамках которого взаимодействие между модулями реализуется по протоколу TCP/IP, а бизнес-логика диспетчеризации и декомпозиции технологических процессов вынесена на уровень базы данных (БД). Развитие программного каркаса позволило объединить верхний и средний уровень в виде веб-сервиса (при этом на логическом уровне средний уровень также обеспечивает объединения модулей-worker по целевым технологическим процессам). На *рис. 4* (см. с. 82) приведена обобщённая схема блока управления, в рамках которой каждый модуль-worker должен быть развёрнут на вычислительных узлах (в виде программы-демона), а сами вычислительные узлы, включая пути к исполняемым файлам, должны быть зарегистрированы в БД. При этом web-api (*англ.* application programming interface — интерфейс прикладного программирования) обеспечивает взаимодействие модулей по шине команд (HTTP-протокол). Обмен данными реализуется по шине данных на основе обменных буферов (SMB/FTP-протоколы). На *рис. 5* (см. с. 84) приведена временная диаграмма технологического процесса выполнения заявки, в рамках которой задачи независимы и выполняются параллельно. При этом программным каркасом поддерживаются технологические процессы, в которых задачи зависимы друг от друга и не могут выполняться параллельно. Более подробно реализованные технологические модели рассмотрены в работе (Марков и др., 2018а). Кроме того, следует отметить распределение вычислительных ресурсов между задачами на основе приоритетов, определяемых важностью заявки и/или этапом в технологическом процессе.

Для функционального блока формирования продуктов ДЗЗ в публикации (Марков и др., 2018а) приведены технологические модели обработки данных ДЗЗ и формирования базовых продуктов ДЗЗ. При этом развитие этого блока заключается в создании новой технологической цепочки формирования БСП. Этот технологический процесс приведён на *рис. 6* (см. с. 84) в виде общей функциональной схемы, в соответствии с которой исходными данными для формирования БСП становятся продукты стандартной обработки и/или тематической базовой обработки. При этом в ходе построения БСП допустима верификация продукта, в том числе в автоматизированном режиме. Алгоритмические и технологические особенности формирования БСП по данным группировки российских КС ДЗЗ рассмотрены в работах (Васильев и др., 2019; Крылов, Васильев, 2019; Марков и др., 2018б, 2020).

Особенности доступа к ресурсам ББП приведены в публикации (Марков и др., 2019а), при этом в обеспечение предоставления БСП потребителям разработан специализированный программный веб-интерфейс, обеспечивающий доступ к полноразмерным растровым данным БСП на основе асинхронной модели подобно реализованному для формирования и предоставления тематических базовых продуктов. Для оперативного доступа к покрытиям

разработан веб-сервис тайлового предоставления данных по XYZ-протоколу на основе генерации тайл-кэш. На рис. 7 приведена схема предоставления БСП как физическим лицам, так и информационным системам.

Рис. 5. Темпоральная статусная диаграмма выполнения заявки

Рис. 6. Технологический процесс формирования БСП

Рис. 7. Варианты предоставления бесшовных сплошных покрытий

Рис. 8. БСП по данным «Геотон-Л1» КА «Ресурс-П» на территорию Московской обл. за период 2013–2018 гг.

Рис. 9. БСП по данным КА «Канопус-В» на территорию Москвы за летний период 2018 г.

Примеры бесшовных сплошных покрытий

На основе приведённых технологических решений по данным КС ДЗЗ «Ресурс-П», «Канопус-В», «Метеор-М» сформирован ряд бесшовных сплошных покрытий различных регионов РФ. При этом следует отметить основную проблему регламентированного формирования БСП — это недостаточность данных ДЗЗ, пригодных по условиям съёмки (углам визирования) и уровню облачности. В рамках экспериментальной опытной отработки технологий отсутствующие данные закрывались облачными снимками. На *рис. 8–10* (см. с. 85) приведены БСП, сформированные для различных регионов РФ по данным российских КС ДЗЗ.

Рис. 10. БСП по данным КМСС КА «Метеор-М» на территорию РФ за летний период 2018 г.: с 16 по 30 июня (*вверху*) и с 1 по 15 июля (*внизу*)

Использование данных зарубежных КС ДЗЗ среднего и низкого пространственного разрешения (Landsat, Sentinel, Terra/Aqua) в совокупности с данными российской группировки обеспечит возможность формирования и обновления БСП в соответствии с требованиями

(см. *таблицу*). Однако для данных высокого разрешения («Геотон-Л1» КА «Ресурс-П», ПСС/МСС КА «Канопус-В») формирование и ежегодное обновление БСП будет определяться исключительно наличием данных в архивах НКПОР-О.

Заключение

В статье рассмотрена задача формирования и обновления ЕСМДП проекта «Цифровая Земля», реализуемого в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Применительно к этой задаче представлен функционал геоинформационного сервиса «Банк базовых продуктов», включая его развитие в интересах регламентированного формирования и распространения бесшовных сплошных покрытий из состава ЕСМДП. Показаны БСП регионов РФ, сформированные с использованием технологий ББП.

Технологии ББП для задач формирования и обновления различных информационных продуктов ДЗЗ демонстрируют соответствие ряду целевых и функциональных характеристик создаваемой информационной системы (цифровой платформы) «Цифровая Земля»:

1. Технологическая модель ББП предусматривает замкнутый цикл (в единой информационно-технологической среде) многоуровневой обработки данных российских КС ДЗЗ в обеспечение формирования ЕСМДП и широкой номенклатуры производных информационных продуктов ДЗЗ на его основе, что соответствует определению инфраструктурной цифровой платформы (https://files.data-economy.ru/digital_platforms.pdf).
2. Двухуровневая модель доступа (онлайн- и асинхронная модели) к ресурсам ББП обеспечивает эффективную балансировку и использование вычислительной инфраструктуры по формированию и предоставлению ЕСМДП, в том числе для тематических веб-сервисов и прикладных цифровых платформ.
3. Программная модель управления процессами распределённой обработки и формирования информационных продуктов ДЗЗ из состава ЕСМДП поддерживает возможности построения специализированных технологических процессов, включая интеграцию инструментальных цифровых платформ.

Таким образом, применение предлагаемых в статье технологических решений и подходов позволяет интегрировать разрабатываемую информационную систему (цифровую платформу) «Цифровая Земля» в единое цифровое информационное пространство, создаваемое в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», что способствует:

- повышению осведомлённости о применимости отечественных данных ДЗЗ для решения различных прикладных задач;
- увеличению спроса на отечественные данные ДЗЗ и производные продукты;
- развитию объединённой группировки КА ДЗЗ;
- созданию важного инфраструктурного элемента общей благоприятной среды для развития цифровой экономики.

Литература

1. Васильев А. И., Крылов А. В., Панкин А. В. Стандартная обработка данных КШМСА КА «Ресурс-П» в обеспечение автоматического формирования бесшовного сплошного покрытия // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 18–28.
2. Заичко В. А., Шведов Д. О., Сизов О. С. Особенности реализации проекта «Цифровая Земля» в Российской Федерации // Дистанционное зондирование Земли из космоса в России. 2019. Вып. 2. С. 6–13.
3. Крылов А. В., Васильев А. И. Построение бесшовного сплошного покрытия по данным группировки КА «Канопус-В» // Материалы Семнадцатой Всероссийской открытой конф. «Современные

- проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 нояб. 2019. М.: ИКИ РАН, 2019. С. 509. URL: <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2019/7473.htm>.
4. Лупян Е. А., Саворский В. П. Базовые продукты обработки данных дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 2. С. 87–96.
 5. Марков А. Н., Васильев А. И., Ольшевский Н. А., Коршунов А. П., Михаленков Р. А., Салимонов Б. Б., Стремов А. С. Архитектура геоинформационного сервиса «Банк базовых продуктов» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 39–51.
 6. Марков А. Н., Васильев А. И., Степанова Д. В., Евлашкин М. А., Крылов А. В., Салимонов Б. Б. (2018a) Технологические и программные модели формирования базовых продуктов ДЗЗ // Ракетно-косм. приборостроение и информац. системы. 2018. Т. 5. Вып. 3. С. 29–38.
 7. Марков А. Н., Васильев А. И., Крылов А. В., Евлашкин М. Е., Михеев А. А., Волкова Е. В. (2018b) Эксперимент по формированию сплошного бесшовного покрытия на территорию Российской Федерации по данным КМСС КА «Метеор-М» // 16-я Всероссийская открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: сб. тез. Москва, 12–16 нояб. 2018. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 506. URL: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=153&thesis=6692.
 8. Марков А. Н., Васильев А. И., Ольшевский Н. А., Михаленков Р. А., Салимонов Б. Б., Синяев П. А., Евлашкин М. А. (2019a) Особенности доступа к ресурсам геоинформационного сервиса «Банк базовых продуктов» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 228–237.
 9. Марков А. Н., Васильев А. И., Крылов А. В., Ольшевский Н. А., Михаленков Р. А., Синяев П. А., Евлашкин М. А., Михеев А. А., Алексеевский А. С. (2019b) Формирование и предоставление бесшовных сплошных покрытий в интересах цифровой экономики РФ // Материалы Семнадцатой Всероссийской открытой конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 нояб. 2019. М.: ИКИ РАН, 2019. С. 510. URL: <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2019/7474.htm>.
 10. Марков А. Н., Васильев А. И., Крылов А. В., Евлашкин М. А., Пестряков А. А., Михеев А. А., Алексеевский А. С. Особенности обработки данных сенсора «Геотон-Л1» космического аппарата «Ресурс-П» при формировании бесшовных сплошных покрытий регионов РФ // Ракетно-косм. приборостроение и информац. системы. 2020. Т. 7. Вып. 1. С. 72–83.
 11. Селин В. А., Марков А. Н., Васильев А. И., Коршунов А. П. Геоинформационный сервис «Банк базовых продуктов» // Ракетно-косм. приборостроение и информац. системы. 2019. Т. 6. Вып. 1. С. 40–48.
 12. Стремов А. С., Васильев А. И., Марков А. Н. Унифицированная классификация уровней обработки данных российских космических систем ДЗЗ // Материалы Семнадцатой Всероссийской открытой конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 нояб. 2019. М.: ИКИ РАН, 2019. С. 512. URL: <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2019/7985.htm>.

The maintaining technologies of the basic products bank based on Earth remote sensing data for the tasks of the Russian Federation digital economy

**A. N. Markov, A. I. Vasilyev, N. A. Olshevsky, A. V. Krylov,
B. B. Salimonov, P. A. Sinyayev, R. A. Mikhalekov, E. V. Volkova**

*AO Russian Space Systems, Research Center
for Earth Operative Monitoring, Moscow 127490, Russia
E-mail: contact@spacecorp.ru*

In the framework of the Digital Economy national program, Roscosmos State Corporation implements the Digital Earth project, the purpose of which is to create the Digital Earth information system (digital platform) to provide consumers with access to a single seamless multilayer dynamic coverage (ESMDP) and related thematic services. Herewith, the ESMDP is defined as the multi-level hierarchical Earth remote sensing information products set including metadata and standard processing products, ordered by criteria, as well as the seamless continuous coverage (BSP) over the various

regions of Russia updated according to the regulations. The paper analyzes technologies that maintain the Bank of Basic Products geo-information custom-developed service (BBP) developed by order of Roscosmos State Corporation to ensure formation and provision for seamless continuous coverages from ESMDP. The object model of BBP catalog based on ISO 19115 is presented here. The object model maintains archives of the standard and basic thematic products, the seamless continuous coverages that are formed on their bases, as well as hierarchical relations between the products. A model of technological process control implemented in the form of a distributed software framework, including the web service for maintaining status models of processes, is considered as well as daemon programs deployed on the computational nodes to support the implementation of technological process applications. The technological model of the seamless continuous coverage formation process, taking into account verification, is represented as well as an approach of BSP data providing to customers: online access to the “tiled” coverage (in accordance with the XYZ-protocol) and asynchronous access (through order registration) to full sized BSP data. The paper shows examples of BSP over the various regions of the Russian Federation based on the data obtained from domestic orbital Earth remote sensing satellites using the technologies considered. Finally, the compliance of the BBP technologies with target and functional requirements of the Digital Earth platform is demonstrated.

Keywords: digital economy, Earth remote sensing, digital Earth, digital platform, basic products bank, seamless mosaic

Accepted: 18.09.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-79-90

References

1. Vasilyev A. I., Krylov A. V., Pankin A. V., Standartnaya obrabotka dannykh KShMSA KA “Resurs-P” v obespechenie avtomaticheskogo formirovaniya beshovnogo sploshnogo pokrytiya (Standard level processing of Resurs-P KShMSA data for automatic generation of seamless continuous coverage), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 2, pp. 18–28.
2. Zaichko V. A., Shvedov D. O., Sizov O. S., Osobennosti realizatsii proekta “Tsifrovaya Zemlya” v Rossiiskoi Federatsii (Features of the “Digital Earth” project implementation in the Russian Federation), *Distantsionnoe zondirovanie Zemli iz kosmosa v Rossii*, 2019, Issue 2, pp. 6–13.
3. Krylov A. V., Vasilyev A. I., Postroenie besshovnogo sploshnogo pokrytiya po dannym gruppirovki KA “Kanopus-V” (Seamless continuous coverage generation based on Kanopus-V data), *Materialy Semnadsatoi Vserossiiskoi otkrytoi konferentsii “Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa”*, 11–15 Nov. 2019, Moscow: IKI RAN, 2019, p. 509, available at: <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2019/7473.htm>.
4. Loupian E. A., Savorskii V. P., Bazovye produkty obrabotki dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli (Basic remote sensing data products), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 2, pp. 87–97.
5. Markov A. N., Vasilyev A. I., Olshevskiy N. A., Korshunov A. P., Mikhalekov R. A., Salimonov B. B., Stretnov A. S., Arkhitektura geoinformatsionnogo servisa “Bank bazovykh produktov” (Architecture of the Basic Product Bank geoinformation service), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 5, pp. 39–51.
6. Markov A. N., Vasilyev A. I., Stepanova D. V., Evlashkin M. A., Krylov A. V., Salimonov B. B. (2018a), Tekhnologicheskie i programmnye modeli formirovaniya bazovykh produktov DZZ (Technological and Program Models of Remote Sensing Basic Products Formation), *Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy*, 2018, Vol. 5, No. 3, pp. 29–38.
7. Markov A. N., Vasilyev A. I., Krylov A. V., Evlashkin M. E., Mikheev A. A., Volkova E. V. (2018b), Eksperiment po formirovaniyu sploshnogo besshovnogo pokrytiya na territoriyu Rossiiskoi Federatsii po dannym KMSS KA “Meteor-M” (Experiment in generation of seamless continuous coverage over the territory of Russian Federation based on Meteor-M KMSS data), *16-ya Vserossiiskaya otkrytaya konferentsiya “Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa”*, Book of Abstracts, Moscow, 12–16 Nov. 2018, Moscow: IKI RAN, 2018, p. 506, available at: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=153&thesis=6692.
8. Markov A. N., Vasilyev A. I., Olshevskiy N. A., Mikhalekov R. A., Salimonov B. B., Synyaev P. A., Evlashkin M. A. (2019a), Osobennosti dostupa k resursam geoinformazionnogo servisa “Bank basovykh produktov” (Access features to the Basic Product Bank geoinformation service resources), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 228–237.

9. Markov A. N., Vasilyev A. I., Krylov A. V., Olshevskiy N. A., Mikhalekov R. A., Synyaev P. A., Evlashkin M. A., Mikheev A. A., Alekseevskiy A. S. (2019b), Formirovanie i predostavlenie besshovnykh sploshnykh pokrytii v interesakh tsifrovoi ekonomiki RF (Seamless continuous coverages formation and provision in the interests of the digital economy of the Russian Federation), *Materialy Semnadsatoi Vserossiiskoi otkrytoi konferentsii "Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"*, 11–15 Nov. 2019, Moscow: IKI RAN, 2019, p. 510, available at: <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2019/7474.htm>.
10. Markov A. N., Vasilyev A. I., Krylov A. V., Evlashkin M. A., Pestryakov A. A., Mikheev A. A., Alekseevskiy A. S., Osobennosti obrabotki dannykh sensora "Geoton-L1" kosmicheskogo apparata "Resurs-P" pri formirovanii besshovnykh sploshnykh pokrytii regionov RF (Generation of Seamless Continuous Coverages of the Russian Regions using Resurs-P Very-High Resolution Data), *Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy*, 2020, Vol. 7, Issue 1, pp. 72–83.
11. Selin V. A., Markov A. N., Vasilyev A. I., Korshunov A. P., Geoinformatsionnyi servis "Bank bazovykh produktov" (Geoinformation service Basic Product Bank), *Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy*, 2019, Vol. 6, Issue 1, pp. 40–48.
12. Stremov A. S., Vasilyev A. I., Markov A. N., Unifitsirovannaya klassifikatsiya urovnei obrabotki dannykh rossiiskikh kosmicheskikh system DZZ (Unified classification of the Russian space system data processing levels), *Materialy Semnadsatoi Vserossiiskoi otkrytoi konferentsii "Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"*, 11–15 Nov. 2019, Moscow: IKI RAN, 2019, p. 512, available at: <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2019/7985.htm>.