

Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
 Russian Journal of Astrophysical Research. Series A  
 Has been issued since 2015.  
 E-ISSN: 2413-7499  
 2017, 3(1): 13-28

DOI: 10.13187/rjar.2017.3.13  
[www.ejournal28.com](http://www.ejournal28.com)



UDC 52-32

## Earth Exploration from Space for Solving Transport Problems

Boris A. Lyovin <sup>a,\*</sup><sup>a</sup> Moscow state university of communications of the Emperor Nicholas II, Russian Federation

### Abstract

The article describes the results of a study of the Earth from space to solve transport problems. Paper reveals the content of space technology as a universal means of solving applied problems. The article describes the scheme of complex space observation of transport. The article describes the schemes of space management by different modes of transport. The paper reveals the application of the information approach in space technologies. The article describes information models of situations in the management of transport. The paper gives a classification of space observation of transport objects.

**Keywords:** space research, transport, space management, satellite technology, space surveillance, information model of the situation, information approach in space research.

### 1. Введение

Современное управление транспортом характеризует рост сложности управленческих ситуаций и сокращение допустимого времени принятия решений. Одним из радикальных решений в управлении транспортом является применение космических технологий связанных с наблюдением Земли из космоса. Космические технологии – это передовые технологические решения, которые решают важные проблемы, связанные с развитием и управлением транспортной системы (*Advances in Space, 2017*). Задачи исследования Земли из космоса для решения транспортных задач сосредоточены на трех ключевых темах: наблюдение и управление инфраструктурой; наблюдение и управление за объектами транспорта; накопление и управлять ресурсами транспорта, включая новые системы управления и новые технологии перевозок. Исследование Земли из космоса для решения транспортных задач позволяет оптимизировать работу человека в реальном пространстве и расширить сферу применения транспорта. Новые информационные технологии позволяют создавать среды виртуального телеприсутствия, позволяя людям осуществлять удаленный интерактивный способ управления. Технологии исследования Земли из космоса позволяют принимать решение в экстремальных условиях и принимать меры противодействия негативным ситуациям. Управление транспортом требует предварительного планирования, что решается методами наблюдения и мониторинга. Управление транспортом требует генерации, хранения и применение ресурсов управления. Оно включает предварительное размещение ресурсов, а также их производство, хранение и ремонт. Технологии исследования Земли из космоса значительно уменьшают техногенные грозы и позволяют

\* Corresponding author  
 E-mail addresses: [tu@miit.ru](mailto:tu@miit.ru) (B.A. Lyovin)

разрабатывать модели и методы для обнаружения и уменьшения риска негативных ситуаций, которые представляют собой угрозы для транспортной системы. Технологии исследования Земли из космоса позволяют включить исследование реального пространства и научный анализ для управления транспортом и инфраструктурой (Савиных, 2017). Исследование Земли из космоса способствует развитию применения роботизированных систем для управления транспортом.

**Цель исследования** – анализ применения космических технологий наблюдения Земли из космоса для решения транспортных задач.

## **2. Материалы и методы исследования**

В качестве материала использовались работы в области дистанционного зондирования Земли и спутниковых технологий. В качестве методики исследования применялся пространственный анализ, структурный и информационный анализ.

## **3. Результаты**

### **Космические наблюдения Земли при решении транспортных задач**

Космические наблюдения транспорта являются важным источником информации. В поле космического наблюдения транспорта попадают все виды транспорта. Это делает его эффективным средством управления интермодальными перевозками. Большое значение космические методы занимают при создании и эксплуатации интеллектуальных транспортных систем (Fujise et al., 2002). Развитие современного транспорта и инфраструктуры невозможно без применения космического наблюдения. Космические наблюдения имеют ряд преимуществ, к главным из которых относятся (Розенберг, 2009): – обзорность космических средств; оперативность полученной информации; наблюдение в труднодоступных районах; получение информации в широком диапазоне электромагнитных волн; передача космической информации потребителям различных уровней: высшего среднего, операционного.

*Основные информационные характеристики космического наблюдения.* При космическом наблюдении выделяют следующие информационные факторы космического наблюдения: цель наблюдения; поле наблюдения, объекты наблюдения, методы или технологии наблюдения, модели объекта наблюдения. При наблюдении используют разные технологии. Их выбор зависит от объекта наблюдения и цели наблюдения.

Космические наблюдения применяют для решения разных задач: исследования экологического состояния почвы; контроль за движением транспортных средств; контроль за объектами недвижимости, анализ пожароопасных ситуаций, контроль за трубопроводным транспортом; контроль за транспортной инфраструктурой. Это определяет специфику и дифференциацию наблюдения, которое включает не только технологию наблюдения, но еще и систематизацию космической информации и ее интерпретацию (Чехарин, 2015). Дифференциация наблюдения обуславливает выбор канала электромагнитных волн как основного источника данных. Например, при исследовании пожаров и пожароопасной обстановки необходим инфракрасный диапазон. Он является основным индикатором ситуации. При исследовании арктических или антарктических территорий характерна либо полярная ночь, либо яркий белый фон, забивающий оптический диапазон (Савиных, 2012). Это приводит к необходимости применения радиолокационных снимков высокого разрешения. Множество факторов обуславливает необходимость применения комплексного космического наблюдения инфраструктуры и объектов. Эта технологическая схема приведена на Рис. 1.



**Рис. 1.** Космическое наблюдение транспорта и инфраструктуры

На [рис. 1](#) в единую систему наблюдения включены: 1) транспортная инфраструктура; 2) скоростные поезда; 3) пожарные поезда; 4) контроль перевозки опасных грузов; 5) аварийно-восстановительные поезда; 6) контроль перевозки пассажиров; 7) средства диагностики железных дорог; 8) тяговый подвижной состав и прочее.

Комплексность и разнообразие задач космического наблюдения приводит к необходимости интеграции методов космического наблюдения и геоинформатики в единую систему ([Савиных, 1999](#)). Это приводит к необходимости применения геоданных, которые представляют собой новый информационный системный ресурс ([Савиных, 2014](#)). Системный ресурс обладает свойством системности и целостности и позволяет проводить анализ, который при использовании дифференцированных ресурсов не возможен.

*Классификация наблюдения.* Космические наблюдения применяют для разных целей в зависимости от его назначения и применения. В [таблице 1](#) дана классификация космического наблюдения транспортных объектов.

**Таблица 1.** Классификация космического наблюдения транспортных объектов

Критерий классификации космического наблюдения	Вид наблюдения
1. Активность объекта	Активный
	Пассивный
2. Поле наблюдения	Локальное наблюдение
	Региональное наблюдение
4. Вид транспорта	Железнодорожный
	Автомобильный
	Воздушный
	Водный
	Трубопроводный

5. Масштаб наблюдения	
	Глобальное наблюдение
	Транснациональные наблюдения
	Национальные наблюдения
	Региональные наблюдения
	Локальное наблюдение
6. Цели космического наблюдения	
	Подвижные объекты
	Инфраструктуры транспорта
	Окружающей среды
	Комплексный
7. Объект наблюдения	
	Объект
	Груз
	Грузопоток
8. График движения объекта	
	Нормальное
	Нарушение графика
9. Скорость объекта	
	Нормальная
	Высокая
10. Вид технологической поддержки космического наблюдения	
	Наземная (водная)
	Воздушная
	Комплексная
	Без поддержки

Дадим кратко пояснение видам наблюдения. Признак 1. По активности объекта наблюдения выделяют активное и пассивное наблюдение активный наблюдение означает, что на объект наблюдения осуществляется воздействие и результат воздействия передается на космический приемник или на наземный. В этом случае подвижный объект имеет модуль или блок взаимодействия с космическим каналом. Например, применение передающей аппаратуры на объектах транспорта и сообщение по запросу со спутника в диспетчерский пункт о местонахождении объекта является активным наблюдением. Пассивное наблюдение означает наблюдение объекта, без какой либо активности со стороны объекта. Например, оптическое наблюдение подвижного объекта является пассивным мониторингом.

Признак 2. По полю наблюдения выделяют. 2.1. Локальное наблюдение. 2.2. Региональное наблюдение. Локальное наблюдение включает активное или пассивное наблюдение за неподвижным или подвижным объектом в локальной области на поверхности Земли. Региональное наблюдение включает активное или пассивное наблюдение за большим участком земной поверхности.

Признак 3. По виду транспорта выделяют: 3.1. Мониторинг железнодорожного транспорта. 3.2. Мониторинг автодорожного транспорта. 3.3. Мониторинг воздушного транспорта. 3.4. Мониторинг водного транспорта. 3.5. Мониторинг трубопроводного транспорта.

Признак 4. По масштабу космического наблюдения выделяют: 4.1. Глобальное наблюдение. 4.2. Транснациональные наблюдения. 4.3. Национальные наблюдения. 4.4. Региональные наблюдения. 4.5. Локальное наблюдение.

Глобальное наблюдение применяют для изучения процессов и явлений, протекающих в масштабе земного шара (Tsvetkov, 2012). Он изучает планетарные изменения, осуществляет наблюдения за состоянием морей и океанов, а также за состоянием почвы, растительного и животного мира в целом всей планеты. Вопросами организации глобального наблюдения окружающей природной среды осуществляется в рамках программ



ООН и Всемирной метеорологической организации. Это наблюдение широко применяют для глобального управления транспортными средствами, например, проводка танкеров большого тоннажа.

Транснациональные наблюдения применяют для изучения процессов и явлений, протекающих в масштабе континента или нескольких государств. Транснациональные наблюдения служат основой контроля транзитных перевозок. Национальные наблюдения применяют для изучения процессов и явлений, протекающих в масштабе одного государства, например отраслевое наблюдение.

Региональные наблюдения применяют для наблюдения территориальных зон, которые входят в отдельные государства. Целью регионального наблюдения транспортных объектов является контроль за транспортом и перевозками внутри данного региона, оценка эффективности внутренних перевозок.

Локальное наблюдение применяют к отдельным группам объектов в мегаполисе, небольшим районам, локальным участкам водной поверхности или видам транспорта. Контроль эффективного использования транспорта и транспортной инфраструктуры – важнейшая задача локального наблюдения. Один из видов локального наблюдения предполагает установку бортового блока на транспортные средства. С помощью передачи сигналов спутников через сеть GSM система наблюдения считывает координаты местонахождения транспорта, что позволяет осуществлять контроль перемещения транспорта.

Контроль расхода топлива – одно из самых востребованных функций современных систем космического локального наблюдения транспорта. Примером может служить контроль расхода топлива GPS системы «АвтоТрекер» (Сатовский, 2008). Датчик расхода топлива устанавливают в бак автомобиля, где он формирует информацию об объеме жидкости в баке и передает её на бортовой блок. Бортовой блок передает информацию на спутник или на наземную станцию.

Признак 6. По целям космического наблюдения транспортных объектов выделяют: 6.1. Наблюдение подвижных объектов. 6.2. Наблюдение инфраструктуры транспорта. 6.3. Наблюдение среды. 6.4. Комплексные наблюдения (рис. 1) (Лёвин, 2017).

Признак 7. По объекту перемещения выделяют: наблюдение объекта, наблюдение груза, наблюдение грузопотока. Признак 8. По наблюдению графика движения выделяют: нормальное движение; движение с нарушением графика.

Признак 10. Космическое наблюдение требует поддержки разными системами. По виду поддержки космического наблюдения выделяют: наблюдение с наземной поддержкой (надводной поддержкой); наблюдение с воздушной поддержкой; комплексной космическое наблюдение; космическое наблюдение без поддержки.

Для проведения космического наблюдения необходимо применять базу данных. База данных космического наблюдения содержит данные из разных источников информации, что требует их унификации и интеграции в единую среду. Обычно такой средой являются геоданные, которые могут включать и космическую информацию.

#### **Применение космических технологий для управления транспортом.**

В настоящее время расширяются методы применения спутниковых технологий для управления (Розенберг, 2009; Dow, 2009). Основой этих технологий являются глобальные навигационные спутниковые системы. Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) состоит из четырех сегментов:

- космический сегмент (навигационные спутники),
- сегмент управления
- и сегмент пользователей (аппаратура потребителей)
- система дифференциальных поправок.

Сущность спутниковой технологии управления состоит в использовании ГНСС и системы наземных центров управления транспортом для получения координат и точек подвижных объектов и управления ими. В настоящее время в мире для управления транспортом существуют и развиваются четыре системы ГНСС – GPS (*Global Positioning System*), ГЛОНАСС (*Глобальная Навигационная Спутниковая Система*), Галилео (*Galileo*), BeiDou (*COMPASS*).

Глобальная навигационная спутниковая система GPS – спутниковая система навигации, обеспечивающая измерение расстояния, времени и определяющая местоположение. Позволяет в любом месте Земли (исключая приполярные области), почти при любой погоде, а также в космическом пространстве вблизи планеты определить местоположение и скорость объектов. Система разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США. Система включает 24 основных спутников движущиеся вокруг Земли с частотой 2 оборота в сутки по шести круговым орбитальным траекториям (по 4 спутника в каждой), высотой примерно 20180 км. В GPS используется система координат WGS-84.

Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС – спутниковая система навигации, предназначенная для оперативного навигационно-временного обеспечения пользователей наземного, морского, воздушного и космического базирования. Доступ к гражданским сигналам ГЛОНАСС в любой точке земного шара предоставляется российским и иностранным потребителям на безвозмездной основе и без ограничений. Система разработана по заказу Министерства обороны СССР. В настоящее время развитием проекта ГЛОНАСС занимается Федеральное космическое агентство (Роскосмос), ОАО «Российские космические системы» и ОАО «Навигационно-информационные системы». Система включает 24 основных спутника, движущихся вокруг Земли с частотой 2 оборота в сутки по трем круговым орбитальным траекториям (по 8 спутников в каждой), высотой примерно 19 100 км. В системе ГЛОНАСС используется система координат ПЗ-90.02.

Глобальная навигационная спутниковая система «Галилео» (Galileo) – совместный проект спутниковой системы навигации Европейского союза и Европейского космического агентства, является частью транспортного проекта Трансьевропейские сети. Система предназначена для решения навигационных задач для любых подвижных объектов с точностью менее одного метра. После полного развертывания система будет включать 27 основных спутника, движущихся вокруг Земли с частотой один виток за 14 ч 4 мин. и 42 сек, по трем круговым орбитальным траекториям (по 9 спутников в каждой), высотой примерно 23222 км.

Глобальная навигационная спутниковая система Beidou (COMPASS) – китайская система спутниковой навигации. Первая Beidou официально называвшаяся «экспериментальной», или «Beidou-1» имела ограниченную зону покрытия и возможности применения. Она обеспечивала навигационными услугами пользователей внутри Китая и приграничных территорий с 2000 года. Beidou второго поколения, или «Beidou-2», официально называемая также «Навигационная система Компас» включает группировку спутников в количестве 30 для покрытия всего земного шара и будет выведена к 2020 году.

Следует напомнить, что основная функция ГНСС – навигационная. Поэтому для использования ее в качестве поддержки управления нужны дополнительные информационные ресурсы и информационные модели. Основная идея управления с использованием спутниковых технологий состоит в создании информационного управляющего пространства (Tsvetkov, 2014). Дополнительными условиями управления являются применение методов геоинформатики и ГИС (Маркелов, 2013) для управления транспортом. Для управления транспортом нужны специальные информационные ресурсы и модели геоданных (Цветков, 2009). При этом необходимо разрабатывать специальные технологии управления распределенными потоками. Основой управления являются интеллектуальные транспортные системы (Fujise et al., 2002), которые требуют в качестве ресурса специальных знаний (Коваленко, 2014). В качестве основы управления применяют модели информационной ситуации и информационной позиции. При этом система управления решает две дополняющие задачи. Она определяет местоположение объектов и устраняет информационную неопределенность.

Использование космической навигации на железнодорожном и автомобильном транспорте не ограничивается технологией определения местоположения объектов (локализацией положения). Основные задачи применения космической технологии на транспорте это:

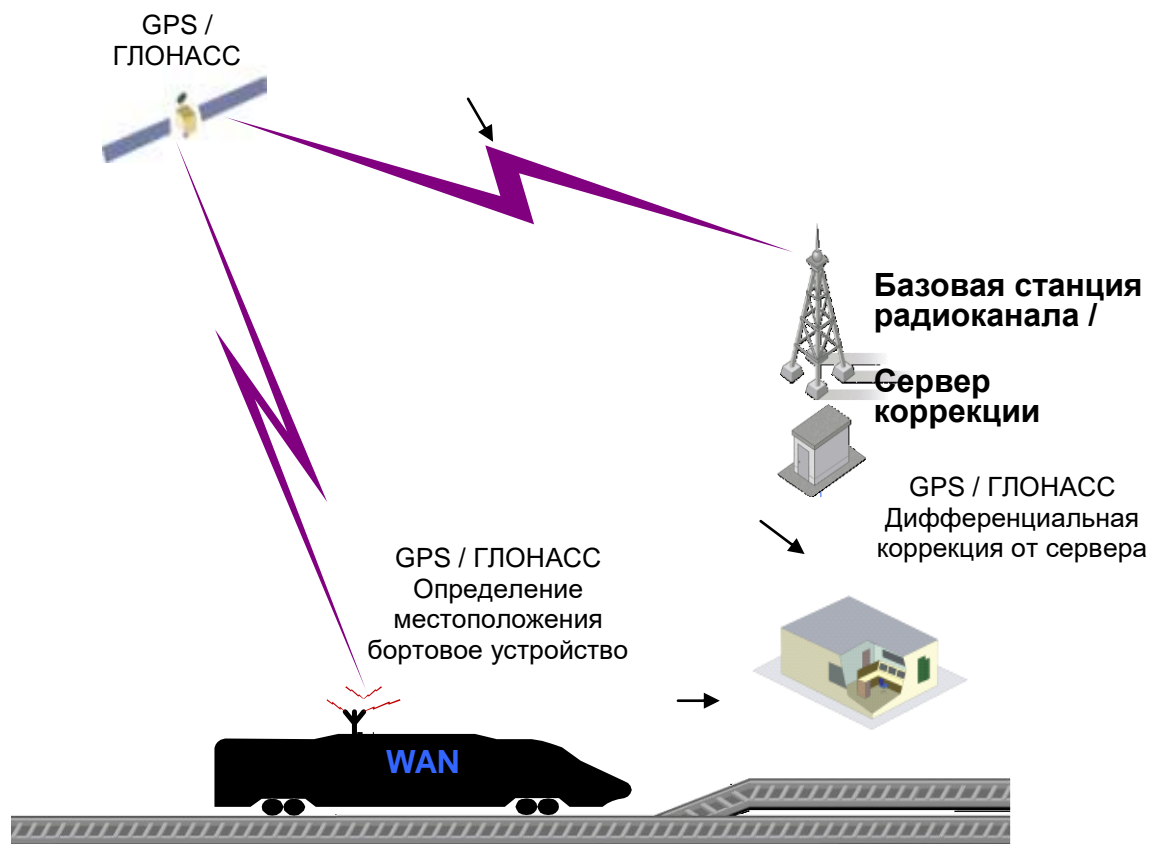
- определение местоположения и состояния - подвижных и неподвижных объектов;
- контроль и управление транспортными системами и объектами;

- решение оптимизационных задач;
- учет и ведение кадастра транспортных систем,
- решение задач в условиях чрезвычайных ситуаций,
- решение логистических задач;
- учет и контроль ресурсов,
- повышение безопасности движения и пр.

Характерным для развития космических технологий является их интеграция. В первую очередь это интеграция на уровне реализации для систем GPS/ГЛОНАСС. По этой причине часто используют обобщенный термин глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС). На уровне концепции, проектирования и стратегическом уровне применения ГНСС используются при создании единого координатного пространства, причем это пространство создается на основе динамической модели геоданных. На операционном уровне применения ГНСС интегрируются и реализуются через технологии и средства телематики. Кроме того, для ГНСС характерна интеграция на технологическом уровне с другими системами, такими как мобильная связь, видеонаблюдения, системы связи по радиоканалам оптоволоконные линии связи и др.

Использование космических технологий на железнодорожном транспорте имеет ряд особенностей. В первую очередь, это использование цифровых технологий и цифровых моделей. В космических технологиях управления железнодорожным транспортом, используют два вида моделей геоданных: статический для описания трассы и динамический для управления движением.

Для применения космических технологий создают единое координатно-временное пространство для выполнения различных работ. Для повышения точности локализации подвижных объектов применяют дифференциальные станции глобальной навигационной спутниковой системы (ДСГНСС). На рис. 2 приведена принципиальная схема дифференциального определения местоположения.



**Рис. 2.** Дифференциальное определение местоположения подвижного объекта на Ж/Д.

Возможно создание постоянных (для постоянного мониторинга) и временных референчных станций (ВРС). ВРС позволяют с нужной точностью создавать информационную поддержку при решении задач управления и обслуживания транспортной системой. Системы ВРС используются в инфраструктуре пространственных данных при создании цифровых моделей разного назначения.

Бортовое оборудование транспортных средств включает, как правило, приемник ГНСС, систему электронных карт (цифровую основу), модули GSM-R мобильной связи и различные датчики. Приемники позиционирования не могут использоваться как автономная технология, чтобы удовлетворить всем требования расположения в окружающей среде, поэтому они дополняются приемниками мобильной связи. Это приводит к необходимости использования спутников двух типов: для связи и навигации (рис. 3-5). Транспортные средства имеют оборудование *ОВТ* (On Board Terminal), они включают ГНСС и GSM антенны и модули, а также сенсорные датчики. Существует различие и сходство в управлении разными видами транспорта. На рис. 3 приведена схема космического управления воздушными объектами.

Особенность всех видов управления является применение спутниковой связи (Савиных, 2008) как дополнительного канала информационного взаимодействия между объектом управления и центром управления.



**Рис. 3.** Спутниковая схема управления воздушным транспортом.

Основой спутниковой связи применяемой при управлении транспортом считают «Иридиум», хотя существуют еще 5 группировок космической связи (Савиных, 2008). В настоящее время Иридиум (Iridium)— всемирный оператор спутниковой телефонной связи, покрытие которой составляет 100 % поверхности Земли, включая оба полюса. Орбитальная группировка насчитывает 66 спутников, расположенных на низких орбитах с наклоном  $86,5^\circ$  и высотой 780 км

Каждый спутник может поддерживать до четырех межспутниковых каналов: два к



спутникам спереди и сзади в той же орбитальной плоскости и два со спутниками в соседних плоскостях по обе стороны. В отдельные моменты спутники Иридиум могут давать яркие вспышки на небе (до -9 зв. вел.), оставаясь звездообразными объектами, становясь третьими по яркости после Солнца (-26 зв. вел.) и Луны (-12 зв. вел.).

На схеме рис.3 показаны два типа спутников: для навигации и связи. Подвижные объекты имеют встроенные навигационные блоки, которые принимают и передают информацию. Эта информация позволяет фиксировать положение подвижного объекта в пространстве.

На рис. 4 приведена обобщенная схема управления наземными объектами автодорожного транспорта.

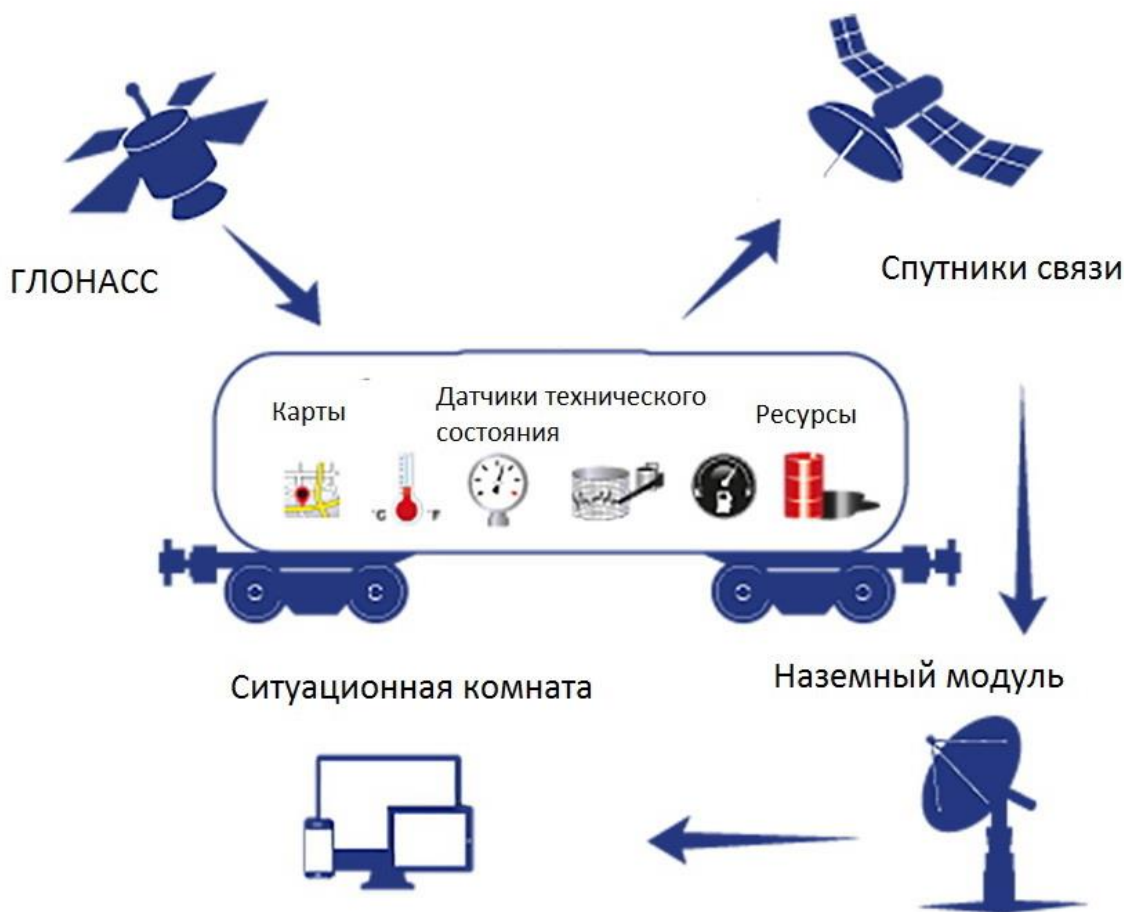


**Рис. 4.** Спутниковая схема управления автодорожным транспортом

На схеме рис. 4 также показаны два типа спутников: для навигации и связи. Подвижные объекты имеют встроенные мобильные навигационные блоки, которые принимают и передают информацию. Применение мобильных блоков слежения существенно упрощает управление, но требует использования дополнительной системы электронных карт. Мобильная информация позволяет фиксировать положение подвижного объекта на земной поверхности в сети автодорог, которая задается мульти масштабной электронной картой.

На рис. 5 приведена обобщенная схема управления объектами железнодорожного транспорта. На схеме рис. 5 выделены две космические технологии, реализуемые через два типа спутников: для навигации и связи. Подвижные объекты ж/д транспорта имеют большое количество датчиков технического состояния транспортного средства и датчики контроля ресурсов транспортного средства. В современных объектах ж/д транспорта датчики устанавливаются даже на субъект, управляющий транспортным средством. Причем эта информация поступает диспетчеру в числе все сигнальной информации. Эта часть связана с наблюдением.

Основой локального регионального и отраслевого управления транспортом остаются ситуационные комнаты.



**Рис. 5.** Спутниковая схема управления железнодорожным транспортом

### Применение информационных моделей в космических исследованиях для управления транспортом

Модели транспортных систем (Лёвин, 2003) предназначены для выявления резервов развития сферы транспортных услуг, повышения качества транспортной работы и прогнозирования транспорта. Информационное моделирование на транспорте не является простым переносом методов информатики и моделей в сферу транспорта. Оно требует новой организации информационных и электронных ресурсов и применения новых моделей. Это делает актуальным исследование и разработку таких моделей. Различают объектные и ситуационные информационные модели. Объектные модели описывают объекты. Наиболее ярким представителем таких моделей в информационной области является информационная модель объекта (ИМО). Ситуационные модели описывают ситуацию, в которой находятся объекты. Одной из таких моделей является информационная модель ситуации (ИМС), или информационной ситуации. Эти информационные модели близки между собой и имеют сходство и различие. Но они не являются единственными для описания объектов и ситуаций. Существуют обобщающие модели, например, модель информационной конструкции (Дешко, 2016), которая при необходимости может описывать как объект, так и ситуацию.

Основное различие между ИМО и ИМС – масштаб действия. Общим является то, что они являются производными от понятия информационная модель. Информационная модель объекта ИМО (Цветков, 2014) определяется как взаимосвязанная совокупность параметров, наиболее важных связей и отношений. Термин «наиболее важных» определяет, что в модель включаются существенные связи и отношения, а несущественные исключаются. Это общее свойство любых моделей, в том числе и не информационных. Формальное описание ИМО приведено в выражении (1).

$$\text{ИМО} = F_1(P_o, \text{Cint}, \text{Cex}, \text{Rint}, \text{Rex}, I_1, I_2, \text{SO}) \quad (1)$$

$P_o$  – параметры объекта,  $\text{Cint}$  – внутренние связи между частями объекта,  $\text{Cex}$  – внешние связи с другими объектами и со средой,  $\text{Rint}$  – внутренние информационные отношения между частями объекта,  $\text{Rex}$  – внешние информационные отношения,  $I_1$  – информационные взаимодействия объекта с другими объектами и со средой,  $I_2$  – информационные воздействия на объект.  $\text{SO}$  – системность объекта (необязательное свойство). Объект может быть частью другого объекта как более сложной системы или может быть самостоятельной системой обладающей целостностью и системностью. В последнем случае появляется свойство системность объекта  $\text{SO}$ .

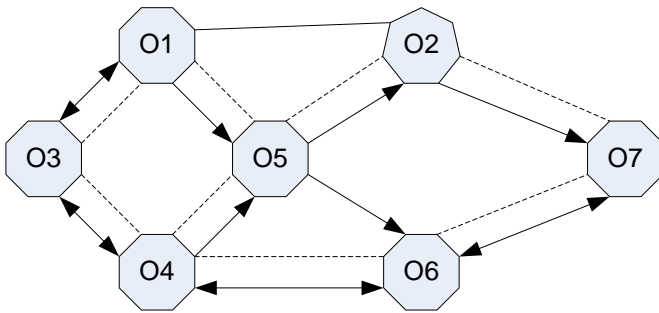
Область существенного влияния на объект выделена. Остальные объекты в этой модели отсутствуют и показаны через внешние связи и отношения. Целевое назначение ИМО – описание индивидуального объекта.

### Ситуационное управление

Информационная модель ситуации (Цветков, 2014) ИМС определяется как взаимосвязанная совокупность параметров, наиболее важных связей и отношений для данной ситуации. Целевое назначение ИМС – описание качественно разных ситуаций: взаимодействия объектов, описание поведения одного или совокупности объектов в данной ситуации, описание динамики ситуации безотносительно к объектам. Ситуация имеет всегда больший масштаб чем модель объекта. Информационная ситуация более разнообразна чем ИМО. Она имеет предметную ориентацию. Например информационная ситуация взаимодействия объектов, информационная ситуация движения объекта, информационная ситуация состояния объекта. Формально модель ИМС приведена в выражении (2).

$$\text{ИМС} = F_2(P_s, C_o, C_p, R_{os}, R_{ps}, S) \quad (2)$$

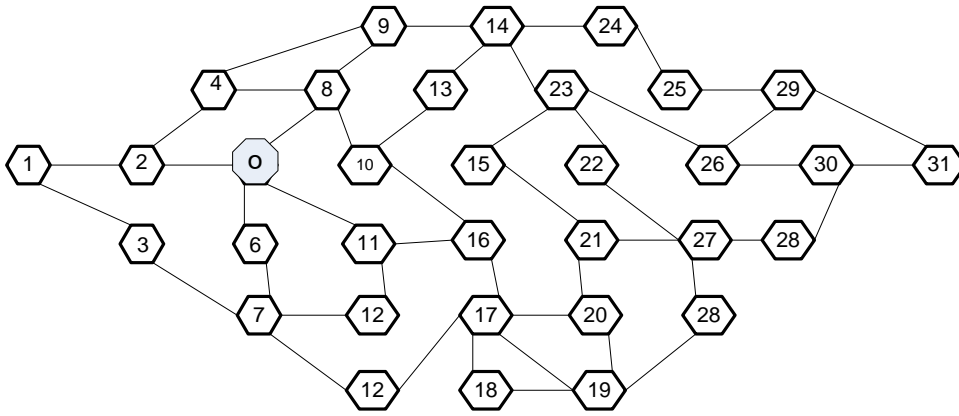
$P_s$  – параметры ситуации,  $C_o$  – связи между объектами,  $R_{os}$  – отношения между объектами,  $I_{S1}$  – информационные взаимодействия между объектами,  $I_{S2}$  – информационные воздействия,  $S$  – системность. На рис. 6 приведен пример информационной ситуации по взаимодействиям. На нем условно показаны 7 объектов.



**Рис. 6.** Пример информационной ситуации по взаимодействиям.

Объекты обозначены через  $O_i$ , отношения показаны пунктиров, Связи и взаимодействия показаны сплошными линиями, отношения – пунктирными. Взаимодействия показаны двойными стрелками, воздействия показаны односторонними стрелками. Закрытая информационная ситуация чаще всего обладает свойством системности, то может быть рассмотрена как сложная система со всеми системными свойствами. Отношения дополняют состояния. Это могут быть отношения иерархии, отношения эквивалентности и др.

На рис. 7 приведена информационная ситуация по состояниям. Связи между состояниями показаны непрерывными линиями. Состояния обозначены шестиугольниками и не заштрихованы. Объект (O) обозначен восьмиугольником и заштрихован.



**Рис. 7.** Информационная ситуация по состояниям

**Рис. 3** может отображать множество ситуаций. Например: поезд находится на станции отправления (условно состояние 1); поезд находится на промежуточной станции (условно состояние 5 или 0); поезд находится на станции прибытия (условно состояние 31).

Информационная ситуация по состояниям описывает один объект, перемещающийся по возможным фиксированным состояниям. Информационная ситуация по состояниям строится, когда есть начальное и целевое состояние. Если цель не определена четко, а имеет некая целевая парадигма, то от управления по состояниям переходят к управлению по позициям. Пример такой ситуации связан с рынком, когда одной из парадигм управления является обеспечение конкурентоспособности. В этом случае проводят сравнительный анализ и определяют позицию объекта в информационной ситуации. Сравнивая позицию объекта с позицией других объектов, вырабатывают стратегию улучшения позиции объекта «О» с учетом изменения позиций других объектов. Такое управление является динамическим и требует применения динамической модели ситуации. Термин позиция употребляют в двух значениях. Пространственная позиция, которая описывает перемещение объекта в пространстве и параметрическая позиция, которая характеризует позицию объекта по выбранному критерию, например, конкурентно способность или надежность.

Таки образом для полноты рассмотрения транспортных объектов необходимо применять динамические модели. Перемещение транспорта осуществляется по транспортной сети, аналог которой приведен на [рис. 3](#). Для описания изменения во времени применяют динамические модели.

Динамические модели включают фактор времени, по этой причине именно они служат основой управления как временного процесса ([Неймарк, 1985](#)). При перемещении ИМО, как правило, стационарна по внутренним характеристикам. Динамика проявляется в первую очередь на модели информационной ситуации

$$\text{ИМС}(t) = F_3 [\text{Ps}(t), \text{Co}(t), \text{Cp}(t), \text{Ros}(t), \text{Rps}(t)] \quad (3)$$

В процессе динамики информационная ситуация [рис. 3](#) характеризует перемещение объекта, изменение его состояния и позиции. Часто при таком анализе применяют топологические модели ([Маркелов, 2012](#)). Топологические модели решают не только задачи выбора пути, но оценивают риск перемещения, текущую и итоговую стоимость перевозки.

При моделировании необходимо принимать во внимание, что объекты транспорта и транспортная инфраструктура находятся в реальном пространстве. Поэтому для построения информационных моделей необходимо использовать пространственную информацию и пространственные модели. Включение пространственных факторов в моделирование приводит к необходимости применения методов геоинформатики и космической геоинформатики ([Господинов, 2017](#)). Кроме того, современное пространственное моделирование широко использует космические технологии. В силу этого при моделировании применяют интеграцию технологий дистанционного зондирования и геоинформатики.

В общем, космические технологии при управлении транспортом требуют



использования разнообразных информационных и не информационных моделей. Это ставит дополнительную задачу интеграции качественно разных моделей в единую среду для совместного анализа и управления.

#### 4. Обсуждение

Одна из проблем использования космических методов на транспорте состоит в наличии семантического разрыва между подготовкой специалистов области. Космические исследования как научное направление включают в себя не только ([Advances in Space, 2017](#)) наблюдения Земли из космоса с применением методов дистанционного зондирования для интерпретации оптических и радиолокационных данных со спутников наблюдения Земли. Они включают также геодезию для определения и оценки гравитационные возмущений спутниковых орбит и геоинформатику как инструмент интеграции разнородных данных и инструмент получения пространственных знаний, включая космические знания. Как прикладное направление космические исследования применяются во многих отраслях человеческой деятельности, из которых транспорт занимает приоритетное направление. Однако интеграция транспорта и космических исследований пока не находится на должном уровне. Мостом к интеграции этих направлений может стать информационный подход и геоинформатика. Это направление интеграции ожидает и требует дальнейших исследований.

#### 5. Заключение

Космическое наблюдение и управление транспортом является широким понятием и включает не только отдельные объекты, но их инфраструктуру, среду и ситуацию движения включая прогноз состояния подвижного объекта. Космическое управление транспорта решает ряд важных вспомогательных задач, таких как контроль состояния автодорог, расход горючего, контроль за эксплуатацией вагонного парка, контроль перевозки особо важных грузов. Космическое управление транспорта использует большое число математических и информационных моделей, что в настоящее время затрудняет создание единой теории наблюдения. Применение объектных и ситуационных моделей в космическом управлении транспортом является одним из направлений повышения эффективности деятельности транспорта и основой развития управления. Современное управление транспортом все больше переходит от эвристического к автоматизированному и интеллектуальному. Трудность такого перехода связана с отсутствием достаточно обоснованной научной теории в этом вопросе и ожидает дальнейшего развития.

#### Литература

- [Advances in Space Research](#) – Advances in Space Research. [Electronic resource]. URL: <https://www.journals.elsevier.com/advances-in-space-research/> (data view: 15.02.2017).
- [Dow, 2009](#) – Dow, J.M., Neilan, R.E., Rizos, C. The international GNSS service in a changing landscape of global navigation satellite systems // *Journal of Geodesy*, 2009, V. 83, №3-4, pp. 191-198.
- [Fujise, 2002](#) – Fujise, M. et al. Intelligent transport systems. *Wireless Communication Technologies: New Multimedia Systems*. Springer US, 2002, pp. 171-200.
- [Tsvetkov, 2012](#) – Tsvetkov, V.Ya. Global Monitoring // *European Researcher. Series A*, 2012, Vol.(33), № 11-1. pp. 1843-1851.
- [Tsvetkov, 2014](#) – Tsvetkov, V.Ya. Information Space, Information Field, Information Environment // *European Researcher. Series A*, 2014, Vol.(80), № 8-1, pp. 1416-1422.
- [Господинов, 2017](#) – Господинов, С.Г. Геодезическая астрономия и космическая геоинформатика // *Наука и технологии железных дорог*, 2017, №1, с. 45-50.
- [Дешко, 2016](#) – Дешко, И.П. Информационное конструирование: Монография. Москва, МАКС Пресс, 2016, 64 с. ISBN 978 -5-317-05244-7
- [Коваленко, 2014](#) – Коваленко, Н.И. Извлечение знаний для интеллектуальных транспортных систем // *Перспективы науки и образования*, 2014, №5. с. 45-52.

Лёвин, 2003 – Лёвин, Б.А., Мамаев, Э.А., Багинова, В.В. О концепции построения моделей производственно-транспортных систем // *Наука и техника транспорта*. 2003, № 4. С. 8-17.

Лёвин, 2017 – Лёвин, Б.А. Комплексный мониторинг транспортной инфраструктуры // *Наука и технологии железных дорог*, 2017, №1, с. 14-21

Маркелов, 2012 – Маркелов, В.М. Применение топологических моделей геоданных для оптимизации транспортных маршрутов // *Славянский форум*, 2012, 2 (2), с. 56-61.

Маркелов, 2013 – Маркелов, В.М. ГИС как системы управления транспортом // *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*, 2013, №2, с. 85-87.

Неймарк, 1985 – Неймарк, Ю. И., Коган, Н. Я., Савельев, В.П. Динамические модели теории управления, 1985.

Розенберг, 2009 – Розенберг, И.Н., Савиных, В.П., Цветков, В.Я. Практическое применение ГЛОНАСС. *Российский космос*, 2009, № 2, с. 24-27.

Савиных, 1999 – Савиных, В.П., Цветков, В.Я. Особенности интеграции геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования // *Информационные технологии*, 1999, №10. с. 36-40.

Савиных, 2008 – Савиных, В.П., Цветков, В.Я. Спутниковые системы связи. *Российский космос*, 2008, № 10, с. 24-27.

Савиных, 2012 – Савиных, В.П. Исследование северных территорий по материалам ДДЗ // *Славянский форум*, 2012, 2 (2), с. 64-67.

Савиных, 2014 – Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // *Вестник Российской Академии Наук*, 2014, том 84, № 9, с. 826–829. DOI: 10.7868/So869587314090278

Савиных, 2017 – Савиных В.П. Космические технологии в управлении транспортом // *Наука и технологии железных дорог*, 2017, №1, с. 63-69.

Сатовский, 2008 – Сатовский Б. Система " Автотрекер": возможности и эффективность. *Логистика*, 2008, №4, С. 24-25.

Цветков, 2009 – Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // *Успехи современного естествознания*. 2009. №4. с. 50-51.

Цветков, 2014 – Цветков В.Я. Информационные модели объектов, процессов и ситуаций // *Дистанционное и виртуальное обучение*, 2014, №5, с. 4-11.

Чехарин, 2015 – Чехарин Е.Е. Интерпретация космической информации при исследовании Земли // *Образовательные ресурсы и технологии*, 2015, №2 (10), с. 137-143.

## References

*Advances in Space Research* – *Advances in Space Research*. [Electronic resource]. URL: <https://www.journals.elsevier.com/advances-in-space-research/> (data view: 15.02.2017).

Dow, 2009 – Dow, J.M., Neilan, R.E., Rizos, C. (2009). The international GNSS service in a changing landscape of global navigation satellite systems. *Journal of Geodesy*, V. 83, №3-4, pp. 191-198.

Fujise et al., 2002 – Fujise, M. et al. (2002). Intelligent transport systems. *Wireless Communication Technologies: New Multimedia Systems*. Springer US, pp. 171-200.

Tsvetkov, 2012 – Tsvetkov, V.Ya. (2012). Global Monitoring. *European Researcher. Series A*, Vol.(33), № 11-1. pp. 1843-1851.

Tsvetkov, 2014 – Tsvetkov, V.Ya. (2014). Information Space, Information Field, Information Environment. *European Researcher. Series A*, Vol.(80), № 8-1, pp. 1416-1422.

Gospodinov, 2017 – Gospodinov, S.G. (2017). Geodezicheskaya astronomiya i kosmicheskaya geoinformatika [Geodetic astronomy and space geoinformatics]. *Nauka i tekhnologii zheleznykh dorog*, №1, s. 45-50. [in Russian]

Deshko, 2016 – Deshko, I.P. (2016). Informatsionnoe konstruirovaniye [Information Design]: Monografiya. Moskva, MAKS Press, 64 s. ISBN 978 -5-317-05244-7 [in Russian]

Kovalenko, 2014 – Kovalenko, N.I. (2014). Izvlechenie znaniy dlya intellektual'nykh transportnykh system [Extraction of knowledge for intelligent transport systems]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya*, №5. s. 45-52. [in Russian]

**Levin, 2003** – Levin, B.A., Mamaev, E.A., Baginova, V.V. (2003). O kontseptsii postroeniya modelei proizvodstvenno-transportnykh system [On the concept of building models of production and transportation systems]. *Nauka i tekhnika transporta*. № 4. S. 8-17. [in Russian]

**Levin, 2017** – Levin, B.A. (2017). Kompleksnyi monitoring transportnoi infrastruktury [Complex monitoring of transport infrastructure]. *Nauka i tekhnologii zheleznikh dorog*, №1, s. 14-21. [in Russian]

**Markelov, 2012** – Markelov, V.M. (2012). Primenenie topologicheskikh modelei geodannykh dlya optimizatsii transportnykh marshrutov [Application of topological models of geodata for optimization of transport routes]. *Slavyanskii forum*, 2 (2), s. 56-61. [in Russian]

**Markelov, 2013** – Markelov, V.M. (2013). GIS kak sistemy upravleniya transportom [GIS as a system of transport management]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziya i aerofotos"emka*, №2, s. 85-87. [in Russian]

**Neimark, 1985** – Neimark, Yu. I., Kogan, N. Ya., Savel'ev, V.P. (1985). Dinamicheskie modeli teorii upravleniya [Dynamic models of control theory]. [in Russian]

**Rozenberg, 2009** – Rozenberg, I.N., Savinykh, V.P., Tsvetkov, V.Ya. (2009). Prakticheskoe primeneniye GLONASS [Practical application of GLONASS]. *Rossiiskii kosmos*, № 2, s. 24-27. [in Russian]

**Savinykh, 1999** – Savinykh, V.P., Tsvetkov, V.Ya. (1999). Osobennosti integratsii geoinformatsionnykh tekhnologii i tekhnologii obrabotki dannykh distantsionnogo zondirovaniya [Features of integrating geoinformation technologies and technologies for processing remote sensing data]. *Informatsionnye tekhnologii*, №10. s. 36-40. [in Russian]

**Savinykh, 2008** – Savinykh, V.P., Tsvetkov, V.Ya. (2008). Sputnikovye sistemy svyazi. Rossiiskii kosmos [Satellite communication systems], № 10, s. 24-27. [in Russian]

**Savinykh, 2012** – Savinykh, V.P. (2012). Issledovanie severnykh territorii po materialam DDZ [A study of the northern territories on the basis of DSD materials]. *Slavyanskii forum*, 2012, 2 (2), s. 64-67. [in Russian]

**Savinykh, 2014** – Savinykh, V.P., Tsvetkov, V.Ya. (2014). Geodannye kak sistemnyi informatsionnyi resurs [Geodata as a system information resource]. *Vestnik Rossiiskoi Akademii Nauk*, tom 84, № 9, s. 826–829. DOI: 10.7868/So869587314090278 [in Russian]

**Savinykh, 2017** – Savinykh, V.P. (2017). Kosmicheskie tekhnologii v upravlenii transportom [Space technologies in transport management]. *Nauka i tekhnologii zheleznikh dorog*, №1, s. 63-69. [in Russian]

**Satovskii, 2008** – Satovskii, B. (2008). Sistema "Avtotreker": vozmozhnosti i effektivnost' ["Avtotreker" system: possibilities and efficiency]. *Logistika*, №4, S. 24-25. [in Russian]

**Tsvetkov, 2009** – Tsvetkov V.Ya. (2009). Model' geodannykh dlya upravleniya transportom [Model of geodata for transport management]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. №4. s. 50-51. [in Russian]

**Tsvetkov, 2014** – Tsvetkov V.Ya. (2014). Informatsionnye modeli ob"ektov, protsessov i situatsii [Information models of objects, processes and situations]. *Distantsionnoe i virtual'noe obuchenie*, №5, s. 4-11. [in Russian]

**Chekharin, 2015** – Chekharin E.E. (2015). Interpretatsiya kosmicheskoi informatsii pri issledovanii Zemli [Interpretation of space information in Earth exploration]. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii*, №2 (10), s. 137-143. [in Russian]

УДК 52-32

## Исследование Земли из космоса для решения транспортных задач

Борис Алексеевич Лёвин <sup>а,\*</sup>

<sup>а</sup> Московский государственный университет путей сообщения  
Императора Николая II, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор  
Адреса электронной почты: [tu@miit.ru](mailto:tu@miit.ru) (Б.А. Лёвин)

**Аннотация.** Статья описывает результаты исследования Земли из космоса для решения транспортных задач. Статья раскрывает содержание космических технологий как универсального средства решения прикладных задач. Дана схема комплексного космического наблюдения транспорта. Приводятся схемы космического управления разными видами транспорта. Раскрывается применение информационного подхода в космических технологиях. Описаны информационные модели ситуаций при управлении транспортом. Дана классификация космического наблюдения транспортных объектов.

**Ключевые слова:** космические исследования, транспорт, космическое управление, спутниковые технологии, космическое наблюдение, информационная модель ситуации, информационный подход в космических исследованиях.