

Copyright © 2022 by Cherkas Global University



Published in the USA
 Russian Journal of Astrophysical Research. Series A
 Has been issued since 2015.
 E-ISSN: 2413-7499
 2022. 8(1): 12-22

DOI: 10.13187/rjar.2022.1.12
<https://rjar.cherkasgu.press>



Development of Space Monitoring

Stanislav A. Kudzh ^{a,*}

^a Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow, Russian Federation

Abstract

The article discusses the development of space monitoring. It is shown that space monitoring is based on the integration of methods of terrestrial monitoring and the integration of earth sciences into space research. The software can be extended to outer space. Space monitoring uses remote sensing technology and instrumental visual observations. Space monitoring is greatly influenced by: space geodesy, geodetic astronomy, comparative planetology, space geoinformatics and the use of systems analysis in space research. A necessary factor in modern space monitoring is the use of different types of modeling. The article gives the systematics of space monitoring carried out in different aspects. Space monitoring has two directions. The first group is aimed at exploring extraterrestrial space. The second group aims to support the exploration of the Earth from space and a portion of near-Earth space. The article introduces a new term "information monitoring situation". The article shows the delineation of the scope of application of geoinformatics and space geoinformatics. The article reveals the content of outer space as objects of space monitoring research. The difference between sublunar and for the lunar spaces is shown in the aspect of meteorite hazard. The article reveals the content of the coordinate support of space monitoring. Space monitoring uses: galactic, heliocentric, geocentric and topocentric systems. The content of these systems is revealed. The difference between the galactic latitude and longitude and the heliocentric one is shown. The features of determining the position of space objects in different coordinate systems are noted and recommendations are given on the use of these coordinate systems.

Keywords: space research, monitoring, space monitoring, geoinformatics, space geoinformatics, space geodesy, information space, coordinate support.

1. Введение

Современный космический мониторинг включает ряд технологий и методов наук о Земле и специальных технологий исследования космического пространства. Космический мониторинг использует достижения в области инструментального исследования и достижения в области математики и обработки информации. Развитие космического мониторинга отражает состояние и развитие науки и техники (Цветков, 2015а). На первом этапе становления и развития космический мониторинг использовал исключительно дистанционные методы без участия человека. По мере освоения космического пространства, участия человека в космических полетах, строительства орбитальных научных станций (Савиных, Цветков, 2017) – появилась возможность подключения человека в цепочку технологических процессов. Это привело к созданию методов и технологий – визуальных космических наблюдений (Савиных, 2020). Для условий применения космического

* Corresponding author
 E-mail addresses: ректор@mirea.ru (S.A. Kudzh)

мониторинга (КМ) характерны большие расстояния, не соизмеримые с расстояниями земных условий наблюдения. Это привело к тому, что для КМ применяют не только точные методы получения информации, но и большое число оценочных измерений и методов индикации. Отдаленность средств наблюдения от центров управления вызвала необходимость дублирования получаемой информации для обеспечения в общем более надежных результатов обработки. Такое дублирование возможно при использовании разных диапазонов получения информации. Это свойство как интеграционное содержат технологии космического мониторинга (ТКМ). Дополнительно к этому ТКМ содержат дифференциальные технологии, не применяемые в земных условиях. Такие технологии собирают информацию в узких спектральных диапазонах, при последующем сопоставлении диапазонной информации друг с другом и интегральными наблюдениями. Можно констатировать наличие двух групп технологий: интеграционных и дифференцированных.

Современное состояние космического мониторинга характеризуется широким использованием и трансформацией в него наук о Земле. Трансформация наук о Земле в космические исследования привела к появлению: космической геодезии (Глушков и др., 2002, Ознамец, Цветков, 2018, Oznamets, Tsvetkov, 2019), геодезической астрономии (Gospodinov, 2018), сравнительной планетологии (Tsvetkov, 2018), космической геоинформатики (Bondur, Tsvetkov, 2015b, Савиных, 2015a). К этому следует добавить широкое применение системного анализа в космических исследованиях. К этому следует добавить широкое применение методов обычной геоинформатики (Савиных, Цветков, 2013) и ГИС для обработки материалов космических исследований. Таким образом основание космического мониторинга находится в земных науках и прежде всего в геоинформатике, а приложения его имеют направленность на ближний и дальний космос. Методически важным для космического мониторинга является использование не только геоинформационных методов, но и информационных методов в космических исследованиях (Савиных, 2015b). Кроме системного анализа (Bondur, Tsvetkov, 2015a) концептуальными направлениями космического мониторинга являются концепция информационного пространства и информационного поля (Цветков, 2015b, Савиных, 2018). Необходимым фактором современного космического мониторинга является использование разных видов моделирования, включая метамоделирование (Tsvetkov et al., 2020).

2. Обсуждение и результаты Систематика космического мониторинга

Систематика космического мониторинга осуществляется по разным характеристикам или разным аспектам. Можно выделить следующие критерии: по объекту наблюдения, по активности мониторинга, по динамике движения, по спектральным характеристикам датчиков, по отношению к земной поверхности, по моделям объекта и другие. На Рисунке 1 приведена систематика космического мониторинга по основным аспектам

По объекту наблюдения и его окружению разделяют мониторинг объектов (объектный) и мониторинг процессов (процессуальный). Мониторинг процессов объектом исследования имеет процесс. Например, развитие пожара на определенной территории или распространение нефтяного пятна на поверхности океана. Объектный мониторинг отслеживает состояние и динамику состояния. Объектный мониторинг чаще является дискретным и индикационным. Процессуальный мониторинг является чаще непрерывным и аналитическим. Иногда одновременно наблюдают объекты и процессы.

По методике мониторинга его подразделяют на индикационный (дискретный) и аналитический (непрерывный). Если ТКМ только фиксируют наличие (да) или отсутствие (нет) чего либо, то такой КМ называют индикационным.

Если КМ наблюдает объект с временными разрывами то его называют: повторяемым, дискретным, периодическим, разрывным. Если КМ отслеживает явление на протяжении длительного интервала времени без прерывания, то его называют непрерывным, хотя эта непрерывность является условной.

По степени воздействия ТКМ на объект мониторинга разделяют: активное воздействие (активный мониторинг), дистанционное наблюдение (пассивный мониторинг). Активные ТКМ, например радиолокационное наблюдение, облучают объект мониторинга и тем самым воздействует на объект мониторинга. По большому счету это может менять

состояние объекта мониторинга. Например, для чувствительных биологических живых существ радиолокационное облучение может приносить вред. Но пока ученые и исследователи игнорируют эту проблему, пока не начнется массовая гибель. Другой пример лазерной зондирование. Другим примером является акустический мониторинг, который часто проводят в земных условиях. Он заключается в пропускании звуковых механических волн через объект мониторинга. Примером активного мониторинга является рентгеновская съемка. Пассивный мониторинг есть наблюдение со стороны без воздействия на объект. Этот мониторинг является экологически чистым. Например, применение фотосъемки в оптическом или инфракрасном диапазонах является пассивным мониторингом. Необходимо остановиться на понятии система мониторинга. Кроме технологий используют системы мониторинга или системы космического мониторинга (СКМ). СКМ включает технико-технологический комплекс и представляет собой целостную систему с позиций системного анализа.

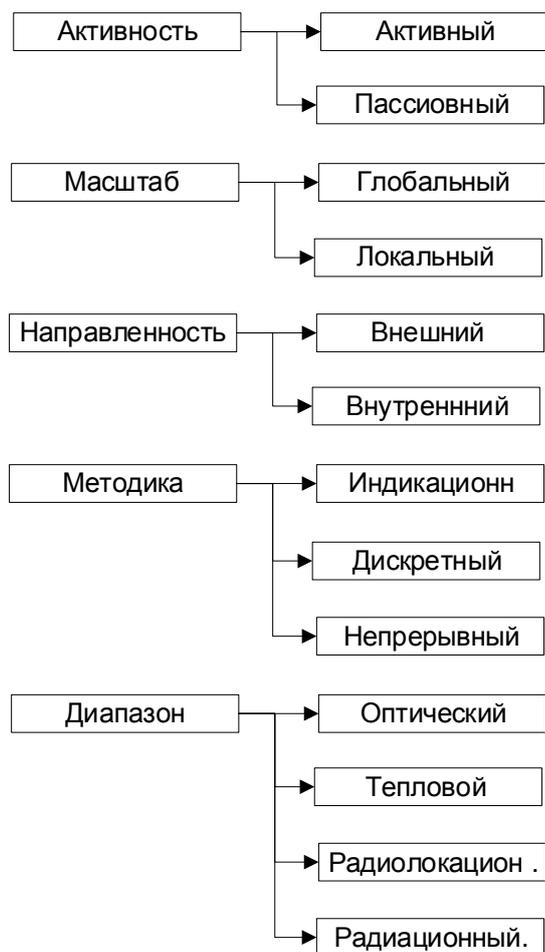


Рис. 1. Систематика космического мониторинга

Пассивный мониторинга предпочтительнее при обследовании неизвестных космических объектов, поскольку активное излучение со стороны системы мониторинга может восприниматься как агрессия инициировать неизвестные процессы на объекте мониторинга.

Вид фиксации движения объекта позволяет разделять мониторинг на дискретный и непрерывный динамический мониторинг (НДМ). Дискретный динамический мониторинг, при котором позиционирование объекта мониторинга осуществляют в разных точках пространства, удаленных друг от друга значительно (точечное определение). Непрерывный динамический мониторинг основан использовании временной функции, дискретный на дискретном одели временного ряда.

Преимуществом непрерывного мониторинга является возможность проведения ретроспективного и перспективного анализа. Перспективный анализ позволяет осуществлять прогнозирование. Недостатком непрерывного мониторинга является требование апостериорной временной модели движения. Без такой модели мониторинг не применим.

Дискретный мониторинг не требует модели движения. Он фактически фиксирует текущее положение объекта. Дискретный мониторинг определяет положение объекта в точке наблюдения. Но за время сбора информации и ее обработки космический объект проходит большое расстояние. Поэтому, наблюдение в одной точке не эффективно. Требуется наблюдение в нескольких точках характерных для данного типа движения. При этом следует учитывать движение объектов со скоростями 12-17 км/сек. То есть, если есть пауза между измерениями в минуты, то объект может пролететь тысячу километров между наблюдениями.

Применение НДМ требует либо знания закономерностей движения, либо точного уравнения движения. В космосе траектории движения это чаще всего кривые второго порядка. Они могут быть либо не возмущенные, что бывает редко и характерно для небольших расстояний. Они могут быть, что чаще бывает, возмущенные. То есть движение происходит с учетом влияния других тел космического пространства. Для учета возмущений необходимо вводить и использовать понятие скользящей информационной ситуации, в условиях которой движется объект. в земных условиях примером этого является железнодорожный транспорт, который движется по заданной траектории – железнодорожному пути. По мере движения окружающая обстановка меняется и могут возникнуть ситуации влияющие на изменение движения, например помехи на траектории. Это не полная аналогия, поскольку траектория космического тела может меняться, а траектория средства железнодорожного транспорта привязана к рельсам.

Если в качестве критерия характеристики мониторинга выбрать волновой диапазон, то это дает такую систематику: радиационный мониторинг (Цветков, 2015с), оптический мониторинг (Бондур и др., 2010), тепловой мониторинг (Виноградов и др., 2017), мониторинг на СКВ (Бондур, Чимитдоржиев, 2008), лазерный мониторинг.

Влияние информатизации и развитие моделирования привело к использованию их достижений в СКМ. При этом моделирование разделяют на внутреннее и внешнее. Внутреннее моделирование связано с моделированием технологий мониторинга, моделированием процессов сбора и моделирование обработки собранной информации. Внешнее моделирование связано с моделированием состояний или динамики объектов мониторинга.

Для обоих видов моделирования характерно использование концептуального и прикладного моделирования. Концептуальное моделирование использует метамоделирование и информационное конструирование (Дешко, 2016). Прикладное информационное моделирование использует модель информационной ситуации, модели информационных отношений (Дешко, Трифонов, 2014), модели пространственных отношений. Прикладное информационное моделирование использует ономазиологическое моделирование, которое строится на применении информационных единиц (Ozhereleva, 2014).

По моделям объекта при космическом мониторинге выделяют применение статистических моделей объектов, динамических моделей объектов. По моделям объекта с учетом информационного окружения при космическом мониторинге выделяют применение информационных моделей ситуации (ситуативный мониторинг). Применение моделей информационного взаимодействия разных объектов (коммуникативный мониторинг).

Поле мониторинга это область пространства, в которой находится объект мониторинга, и его окружение. Иногда поле мониторинга есть информационная ситуация, но чаще ситуация входит в поле мониторинга. По полю наблюдения разделяют космический мониторинг на: внутренний внешний и мониторинг околоземного пространства. Обычно этот показатель оценивается к орбите космического аппарата. С поверхности земли возможен только внешний мониторинг.

Внутренний мониторинг направлен на исследование поверхности земли и океанов с орбиты космической станции или ИСЗ. Внутренний мониторинг направлен на исследование части околоземного пространства. Внутренний мониторинг – это, по существу, исследование Земли их космоса. Особенностью его является то, что он использует геоданные (Savinykh, Tsvetkov, 2014). Внешний мониторинг направлен на исследование части подлунного

пространства, всего залунного пространства и космического пространства в ближнем и дальнем космосе.

Космические пространства как объекты космического мониторинга.

Коль скоро речь зашла о пространствах, необходимо дать разъяснения их содержания. Они связаны со структурой вселенной. Во многих философских и технических публикациях доказано, что мир есть система систем (Монахов и др., 2005). Структурностью вселенной обуславливает структурность пространств. При этом космические пространства и информационные пространства – это субъективные понятия, связанные с критериями, которые вводит человек. С одной стороны это понятие отражает некую объективную структурность, с другой задает условные пространства, характеристики, которым придумывает человек. Исходя из объективной структурности и субъективной условности, можно построить структуру информационных космических пространств (Рисунок 2).

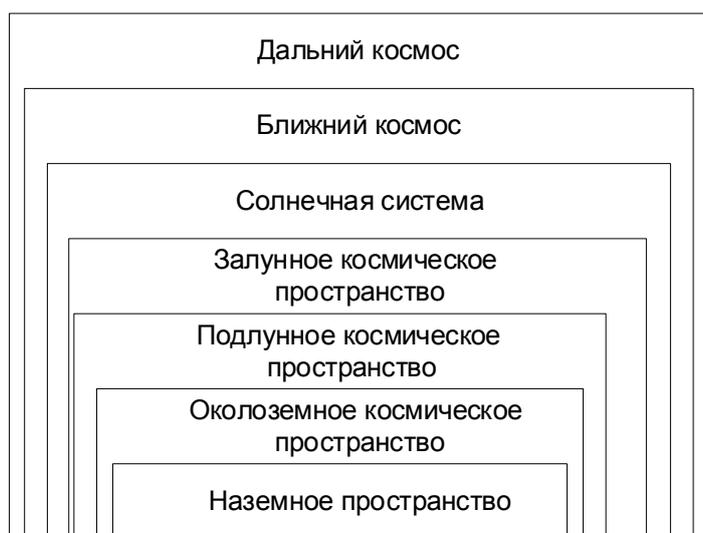


Рис. 2. Структура информационных космических пространств.

В данной работе вводится новый термин «информационное космическое пространство». Оно отражает реальное пространство и поэтому возникает вопрос определения границ информационных пространств. Эти исследования проведены в работах (Barmin et al., 2014; Бармин и др., 2014). При этом следует отметить околоземное космическое пространство (ОКП). Все пространства на Рисунке 2 являются условно статическими. ОКП является динамическим. Оно растет с ростом освоения космического пространства и заброской новых технических средств в космическое пространство. Следующий шаг его освоения будет связан с освоением точек либрации.

Важной границей является атмосфера. Она потенциально задает воздушную съемку. Но юридически она отделяет космос от земного пространства. Граница космоса 100 км от поверхности мирового океана или геоида. На Рисунке 2 она не дана. До 100 км действует земная геоинформатика, свыше 100 км действует космическая геоинформатика.

Таким образом граница космоса 100км от поверхности Земли. Граница ОКП девять земных радиусов. ОКП содержит все физические поля и наглядно показывает разницу между полем и пространством. Подлунное КП это сфера с центром в центра масс и радиусом равным расстоянию до лунной траектории. Залунное КП это сфера, радиус которой равен одной астрономической единицы (расстояние от Земли до Солнца). Центр сферы находится в центре масс Земли. Это пространство можно рассматривать как расширение геоцентрической системы координат до Солнца.

Координатное обеспечение космического мониторинга

Координатное обеспечение космического мониторинга основано на применении систем координат (Бармин и др., 2014). В практике космического мониторинга применяют такие системы координат: галактическая, связанная с центром галактики, гелиоцентрическая (обычно центр в Солнце), геоцентрическая (центр в центре масс Земли),

топоцентрическая (центр на поверхности Земли). Галактическая система является общей по отношению к звездным системам. Однако начало координат ее связывают с Солнцем (Рисунок 3). На Рисунке 3 показано геометрическое положение гелиоцентрической системы (Веселовский, Кропоткин, 2010).

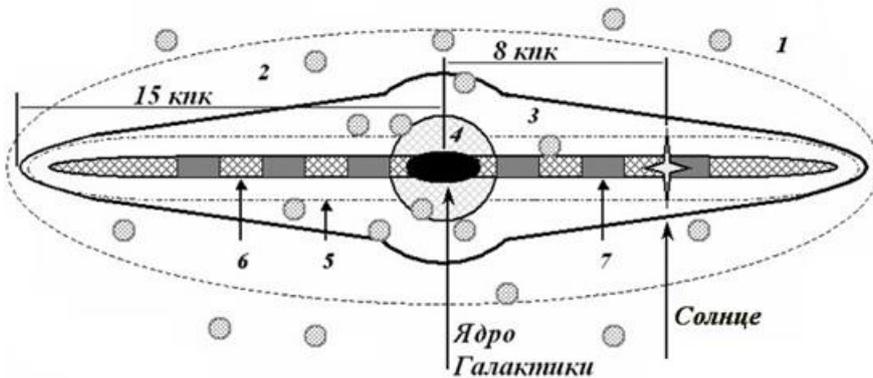


Рис. 3. Положение гелиоцентрической системы координат в галактической системе координат

На Рисунке 3 даны условные цифровые обозначения. Цифра один обозначает локальное скопление, которое называют шаровым. Эти объекты разбросаны по галактике относительно ее главной плоскости. Цифрой два обозначают пространственную систему которую называют промежуточной. Она охватывает основной диск. Ее границы показаны пунктиром. Основная часть галактики обозначена цифрой три и выделена полужирной линией. Внутри нее существуют две подсистемы молодая и старая. Они обозначены цифрами 5 и 6. Ядро галактики обозначено цифрой 4. Поскольку галактика представляет собой спиралеобразную конструкцию, то такая конструкция показана в разрезе и обозначена цифрой семь. Сокращение «КПК» означает килопарсек, значение которого дается в любом справочнике по астрономии.

Как показано на Рисунке 3 начало координат галактической системы совпадает с началом координат гелиоцентрической системы. Для ориентации экваториальную плоскость галактической системы соотносят с Млечным Путем, но располагают в галактическом диске. Это обусловлено тем, что Млечный Путь находится в малом круге галактической сферы, а галактический диск соотносится с большим кругом.

Галактическая система координат имеет главную ось, нормальную к млечному пути и к галактическому диску. Эта нормаль задает два условных полюса галактики. На Рисунке 4 показана галактическая долгота.

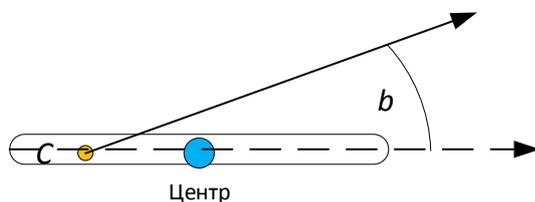


Рис. 4. Галактическая долгота

На Рисунке 4 символом С обозначено Солнце, символом b показана долгота. Галактическую долготу измеряют от 0 до 360° . На Рисунке 5 показана галактическая широта.

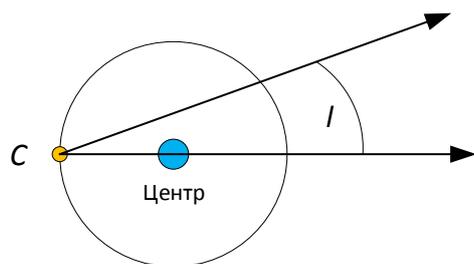


Рис. 5. Галактическая широта

На [Рисунке 5](#) символом С обозначено Солнце, символом l показана широта. Широта l принимает значения от -90° до $+90^\circ$.

Как следует из [Рисунка 2](#), галактическая система описывает дальний и ближний космос. Солнечную систему описывает гелиоцентрическая система координат. Три более низкие по иерархии ([Рисунк 2](#)) системы: залунную, подлунную и околоземную описывает геоцентрическая система координат. При переходе измерения координат космического тела от галактической к гелиоцентрической достаточно применять угловые координатные преобразования, поскольку центр у них общий. При переходе измерения координат космического тела от гелиоцентрической к геоцентрической необходимо применять линейные и угловые координатные преобразования, что является более сложной процедурой.

Применение той или иной системы координат зависит от удаления до космического объекта ([Tsvetkov, 2016a](#)).

3. Заключение

Современный космический мониторинг строится на основе интеграции методов земного мониторинга и интеграции наук о Земле в космические исследования. Концепция информационного пространства в космическом мониторинге трансформируется в координатное обеспечение космического мониторинга. Сложность развития космического мониторинга обусловлена космической и наземной проблемой больших данных ([Буравцев, Цветков, 2019](#)). В космическом мониторинге широко применяют моделирование и пространственные модели, а в ряде случаев применяют пространственную логику ([Tyagunov, Tsvetkov, 2021](#)). Все это находит отражение в эволюции космического мониторинга ([Savinych, 2017](#)). При рассмотрении координатного обеспечения существуют терминологические и семантические проблемы, требующие решения. На развитие СКМ, ТКМ и КМ существенно влияют новые технические решения, такие как планетная альтиметрия ([Tsvetkov, 2020](#)) или использование орбитальных станций ([Савиных, Цветков, 2017](#)).

Литература

[Бармин и др., 2014](#) – Бармин И.В., Данхем Д.У., Кулагин В.П., Савиных В.П., Цветков В.Я. Координатное обеспечение системы глобального мониторинга // *Вестник НПО им. С.А. Лавочкина*. 2014. № 3. С. 109-115.

[Бондур и др., 2010](#) – Бондур В.Г., Крапивин В.Ф., Потапов И.И. Методы аэрокосмической диагностики лесных экосистем // *Экологические системы и приборы*. 2010. №3. С. 17-26.

[Бондур, Чимитдоржиев, 2008](#) – Бондур В.Г., Чимитдоржиев Т.Н. Анализ текстуры радиолокационных изображений растительности // *Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка*. 2008. № 5. С. 9-14.

[Буравцев, Цветков, 2019](#) – Буравцев А.В., Цветков В.Я. Облачные вычисления для больших геопространственных данных // *Информация и космос*. 2019. №3. С.110-115.

[Веселовский, Кропоткин, 2010](#) – Веселовский И.С., Кропоткин А.П. Физика межпланетного и околоземного пространства. М.: Университетская книга, 2010. 116 с.

[Виноградов и др., 2017](#) – Виноградов А. Н. и др. Авиационная система дистанционного мониторинга земли в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне (400-1700 нм) // *Датчики и системы*. 2017. №. 5. С. 32-36.

- Глушков и др., 2002 – Глушков В.В., Насретдинов К.К., Шаравин А.А. Космическая геодезия: методы и перспективы развития. М.: Институт политического и военного анализа. 2002. 448 с.
- Дешко, 2016 – Дешко И.П. Информационное конструирование. М.: МАКС Пресс, 2016. 64 с.
- Дешко, Трифонов, 2014 – Дешко И.П., Трифонов Н.И. Отношения в информационном поле // *Вестник МГТУ МИРЭА*. 2014. № 4 (5). С. 63-75.
- Монахов и др., 2005 – Монахов С.В., Савиных В.П., Цветков В.Я. Методология анализа и проектирования сложных информационных систем. М.: Просвещение, 2005. 264 с.
- Ознамец, Цветков, 2018 – Ознамец В.В., Цветков В.Я. Координатное геодезическое обеспечение: связь между приведенной и геодезической широтой // *ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении*. 2018. № 6 (10). С. 8-14.
- Савиных, 2015a – Савиных В.П. О космической и земной геоинформатике // *Перспективы науки и образования*. 2015. №5. С. 21-26.
- Савиных, 2015b – Савиных В.П. Информационное обеспечение научных и прикладных исследований на основе космической информации // *Перспективы науки и образования*. 2015. №2. С. 51-59.
- Савиных, 2018 – Савиных В.П. Космические информационные пространства и информационные поля // *Славянский форум*. 2018. 3(21): 33-40.
- Савиных, Цветков, 2013 – Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформатика как система наук // *Геодезия и картография*. 2013. №4. С. 52-57.
- Савиных, Цветков, 2017 – Савиных В.П., Цветков В.Я. Систематика орбитальных космических исследований // *ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении*. 2017. №4. С. 93-104.
- Цветков, 2015a – Цветков В.Я. Космический мониторинг: Монография. М.: МАКС Пресс, 2015. 68 с
- Цветков, 2015b – Цветков В.Я. Информационное поле и информационное пространство // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. №1-3. С. 455-456.
- Цветков, 2015c – Цветков В.Я. Анализ применения космического мониторинга // *Перспективы науки и образования*. 2015. №3(15). С. 48-55.
- Barmin et al., 2014 – Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2014). Near-Earth Space as an Object of Global Monitoring. *Solar System Research*. 48(7): 531-535. DOI: 10.1134/S003809461407003X
- Bondur, Tsvetkov, 2015a – Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. System Analysis in Space Research // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2015. 1(1): 4-12.
- Bondur, Tsvetkov, 2015b – Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // *European Journal of Technology and Design*. 2015. 4(10): 118-126.
- Gospodinov, 2018 – Gospodinov S.G. The Development of Geodesic Astronomy // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 4(1): 9-33.
- Ozhereleva, 2014 – Ozhereleva T. A. Systematics for information units // *European Researcher*. 2014. 11/1 (86): 1894-1900.
- Oznamets, Tsvetkov, 2019 – Oznamets V.V., Tsvetkov V.Ya. Space Geodesy of Small Celestial Bodies // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2019. 5(1): 30-40.
- Savinych, 2017 – Savinych V.P. Evolution of Space Monitoring // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2017. 3(1): 33-40.
- Savinych, 2020 – Savinych V.P. Visual and Instrumental Observations from the Spacecraft // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2020. 6(1): 23-34.
- Savinykh, Tsvetkov, 2014 – Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Geodata As a Systemic Information Resource // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2014. 84(5): 365-368. DOI: 10.1134/S1019 331614050049
- Tsvetkov et al., 2020 – Tsvetkov V.Ya., Shaitura S.V., Minitaeva A.M., Feoktistova V.M., Kozhaev Yu.P., Belyu L.P. Metamodelling in the information field // *Amazonia Investiga*. 2020. T. 9. № 25. С. 395-402.
- Tsvetkov, 2016a – Tsvetkov V.Ya. The Problem of Asteroid-Comet Danger // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2016. 1(2): 33-40.

[Tsvetkov, 2018](#) – *Tsvetkov V.Ya.* The Development of the Direction "Comparative Planetology" // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 2018. 4(1): 34-41.

[Tsvetkov, 2020](#) – *Tsvetkov V.Ya.* Planetary Altimetry // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 2020, 6(1): 46-52.

[Tyagunov, Tsvetkov, 2021](#) – *Tyagunov A.M., Tsvetkov V.Ya.* Logic of Space Observations // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 2021. 7(1): 43-48.

References

[Barmin i dr., 2014](#) – *Barmin, I.V., Danhem, D.U., Kulagin, V.P., Savinyh, V.P., Tsvetkov, V.Ya.* (2014). Koordinatnoe obespechenie sistemy global'nogo monitoringa [Coordinate support of the global monitoring system]. *Vestnik NPO im. S.A. Lavochkina.* 3: 109-115. [in Russian]

[Barmin, et al., 2014](#) – *Barmin, I.V., Kulagin, V.P., Savinykh, V.P., Tsvetkov, V.Ya.* (2014). Near-Earth Space as an Object of Global Monitoring. *Solar System Research.* 48(7): 531-535. DOI: 10.1134/S003809461407003X

[Bondur i dr., 2010](#) – *Bondur, V.G., Krapivin, V.F., Potapov, I.I.* (2010). Metody aerokosmicheskoy diagnostiki lesnyh ekosistem [Methods of aerospace diagnostics of forest ecosystems]. *Ekologicheskie sistemy i pribory.* 3: 17-26. [in Russian]

[Bondur, Chimitdorzhiev, 2008](#) – *Bondur, V.G., Chimitdorzhiev, T.N.* (2008). Analiz tekstury radiolokacionnyh izobrazhenij rastitel'nosti [Analysis of the texture of radar images of vegetation]. *Izvestiya VUZov. Geodeziya i aerofotos"emka.* 5: 9-14. [in Russian]

[Bondur, Tsvetkov, 2015a](#) – *Bondur, V.G., Tsvetkov, V.Ya.* (2015). System Analysis in Space Research. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 1(1): 4-12.

[Bondur, Tsvetkov, 2015b](#) – *Bondur, V.G., Tsvetkov, V.Ya.* (2015). New Scientific Direction of Space Geoinformatics. *European Journal of Technology and Design.* 4(10): 118-126.

[Buravcev, Tsvetkov, 2019](#) – *Buravcev, A.V., Tsvetkov, V.Ya.* (2019). Oblachnye vychisleniya dlya bol'shikh geoprostranstvennyh dannyh [Cloud computing for large geospatial data]. *Informaciya i kosmos.* 3: 110-115. [in Russian]

[Deshko, 2016](#) – *Deshko, I.P.* (2016). Informacionnoe konstruirovaniye [Information construction]. M.: MAKSPress, 64 p. [in Russian]

[Deshko, Trifonov, 2014](#) – *Deshko, I.P., Trifonov, N.I.* (2014). Otnosheniya v informacionnom pole [Relations in the information field]. *Vestnik MGTU MIREA.* 4(5): 63-75. [in Russian]

[Glushkov i dr., 2002](#) – *Glushkov, V.V., NasretDinov, K.K., Sharavin, A.A.* (2002). Kosmicheskaya geodeziya: metody i perspektivy razvitiya [Space geodesy: methods and development prospects]. M.: Institut politicheskogo i voennogo analiza. 448 p. [in Russian]

[Gospodinov, 2018](#) – *Gospodinov, S.G.* (2018). The Development of Geodesic Astronomy. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 4(1): 9-33.

[Monahov i dr., 2005](#) – *Monahov, S.V., Savinyh, V.P., Tsvetkov, V.Ya.* (2005). Metodologiya analiza i proektirovaniya slozhnyh informacionnyh sistem [Methodology for the analysis and design of complex information systems]. M.: Prosveshchenie, 264 p. [in Russian]

[Ozhereleva, 2014](#) – *Ozhereleva T.A.* (2014). Systematics for information units. *European Researcher.* 11/1 (86): 1894-1900.

[Oznamec, Tsvetkov, 2018](#) – *Oznamec, V.V., Tsvetkov, V.Ya.* (2018). Koordinatnoe geodezicheskoe obespechenie: svyaz' mezhdru privedennoj i geodezicheskoy shirotoj [Coordinate geodetic support: the relationship between reduced and geodetic latitude]. *ITNOU: Informacionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii.* 6(10): 8-14. [in Russian]

[Oznamets, Tsvetkov, 2019](#) – *Oznamets, V.V., Tsvetkov, V.Ya.* (2019). Space Geodesy of Small Celestial Bodies. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 5(1): 30-40.

[Savinyh, 2017](#) – *Savinyh, V.P.* (2017). Evolution of Space Monitoring. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 3(1): 33-40.

[Savinyh, 2020](#) – *Savinyh V.P.* Visual and Instrumental Observations from the Spacecraft. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 2020. 6(1): 23-34.

[Savinyh, 2015a](#) – *Savinyh, V.P.* (2015). O kosmicheskoy i zemnoj geoinformatike [On space and terrestrial geoinformatics]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya.* 5: 21-26. [in Russian]

[Savinyh, 2015b](#) – *Savinyh, V.P.* (2015). Informacionnoe obespechenie nauchnyh i prikladnyh issledovaniy na osnove kosmicheskoy informacii [Information support of scientific and applied research based on space information]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya.* 2: 51-59. [in Russian]

[Savinyh, 2018](#) – *Savinyh, V.P.* (2018). Kosmicheskie informacionnye prostranstva i informacionnye polya [Space information spaces and information fields]. *Slavyanskij forum*. 3(21): 33-40. [in Russian]

[Savinyh, Tsvetkov, 2013](#) – *Savinyh, V.P., Tsvetkov, V.Ya.* (2013). Geoinformatika kak sistema nauk [Systematics of orbital space research]. *Geodeziya i kartografiya*. 4: 52-57. [in Russian]

[Savinykh, Tsvetkov, 2014](#) – *Savinykh, V.P., Tsvetkov, V.Ya.* (2014). Geodata As a Systemic Information Resource. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 84(5): 365-368. DOI: 10.1134/S1019331614050049

[Tsvetkov et al., 2020](#) – *Tsvetkov, V.Ya., Shaitura, S.V., Minitaeva, A.M., Feoktistova, V.M., Kozhaev, Yu.P., Belyu, L.P.* (2020). Metamodelling in the information field. *Amazonia Investiga*. 9(25): 395-402.

[Tsvetkov, 2015a](#) – *Tsvetkov, V.Ya.* (2015). Kosmicheskij monitoring: Monografiya [Space monitoring: Monograph]. M.: MAKS Press, 68 p. [in Russian]

[Tsvetkov, 2015b](#) – *Tsvetkov, V.Ya.* (2015). Informacionnoe pole i informacionnoe prostranstvo [Information field and information space]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 1-3: 455-456. [in Russian]

[Tsvetkov, 2015c](#) – *Tsvetkov, V.Ya.* (2015). Analiz primeneniya kosmicheskogo monitoringa [Analysis of the application of space monitoring]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya*. 3(15): 48-55. [in Russian]

[Tsvetkov, 2016a](#) – *Tsvetkov, V.Ya.* (2016). The Problem of Asteroid-Comet Danger. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 1(2): 33-40.

[Tsvetkov, 2018](#) – *Tsvetkov, V.Ya.* (2018). The Development of the Direction "Comparative Planetology". *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 4(1): 34-41.

[Tsvetkov, 2020](#) – *Tsvetkov V.Ya.* Planetary Altimetry. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2020, 6(1): 46-52.

[Tyagunov, Tsvetkov, 2021](#) – *Tyagunov, A.M., Tsvetkov, V.Ya.* (2021). Logic of Space Observations. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 7(1): 43-48.

[Veselovskij, Kropotkin, 2010](#) – *Veselovskij, I.S., Kropotkin, A.P.* (2010). Fizika mezplanetnogo i okolozemnogo prostranstva [Physics of interplanetary and near-earth space]. M.: Universitetskaya kniga, 116 p. [in Russian]

[Vinogradov i dr., 2017](#) – *Vinogradov, A.N. i dr.* (2017). Aviacionnaya sistema distancionnogo monitoringa zemli v vidimom i blizhnem infrakrasnom diapazone (400-1700 nm) [Aviation system for remote monitoring of the earth in the visible and near infrared range (400-1700 nm)]. *Datchiki i sistemy*. 5: 32-36. [in Russian]

Развитие космического мониторинга

Станислав Алексеевич Кудж^{a, *}

^a Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрено развитие космического мониторинга. Показано, что космически мониторинг строится на основе интеграции методов земного мониторинга и интеграции наук о Земле в космические исследования. Обеспечение может быть распространено на космическое пространство. Космический мониторинг использует технологии дистанционного зондирования и инструментально-визуальные наблюдения. Большое влияние на космический мониторинг оказывают: космическая геодезия, геодезическая астрономия, сравнительная планетология, космическая геоинформатика и применение системного анализа в космических исследованиях. Необходимым фактором современного космического мониторинга является использование разных видов моделирования. Статья дает систематику космического мониторинга осуществляется по

* Корреспондирующий автор
Адреса электронной почты: rektor@mirea.ru (С.А. Кудж)

разным аспектам. Космический мониторинг имеет две направленности. Первая группа направлена на исследование внеземного космического пространства. Вторая группа направлена на поддержку исследований Земли из космоса и часть околоземного космического пространства. Статья вводит новый термин «информационная ситуация мониторинга». Статья показывает разграничение сферы применения геоинформатики и космической геоинформатики. Статья раскрывает содержание космического пространства как объектов исследования космического мониторинга. Показано различие между подлунным и залунным пространствами в аспекте метеоритной опасности. Статья раскрывает содержание координатное обеспечение космического мониторинга. В космическом мониторинге применяют: галактическую, гелиоцентрическую, геоцентрическую и топоцентрическую системы. Раскрывается содержание этих систем. Показано отличие галактической широты и долготы от гелиоцентрической. Отмечены особенности определения положения космических объектов в разных системах координат и даны рекомендации по применению этих систем координат.

Ключевые слова: космические исследования, мониторинг, космический мониторинг, геоинформатика, космическая геоинформатика, космическая геодезия, информационное пространство, координатное обеспечение.