



---

# Russian Journal Astrophysical Research. Series A

---

Has been issued since 2015.  
E-ISSN: 2413-7499  
2018. 4(1). Issued 1 times a year

## EDITORIAL BOARD

**Dr. Prokopiev Evgeny** – Kurchatov Institute, Institute of Theoretical and Experimental Physics, Russian Federation (Editor in Chief)

**Dr. Bisnovaty-Kogan Gennady** – Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

**Dr. Blinnikov Sergei** – Kurchatov Institute, Institute of Theoretical and Experimental Physics, Moscow, Russian Federation

**Dr. Md Azree Othuman Mydin** – University Sains Malaysia, Penang, Malaysia

**Dr. Moskalenko Igor** – Stanford University, Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, Stanford, USA

**Dr. Nakariakov Valery** – University of Warwick, Coventry, United Kingdom

**Dr. Sokoloff Dmitry** – Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

**Dr. Suntola Tuomo** – Physics Foundations Society, Espoo, Finland

**Dr. Tsvetkov Viktor** – Institute for Scientific Research of Aerospace Monitoring AEROCOSMOS, Moscow, Russian Federation

**Dr. Utkin Lev** – Saint-Petersburg Forestry University, Saint-Petersburg, Russian Federation

Journal is indexed by: **CrossRef, MIAR, OAJI, Russian Science Citation Index**

All manuscripts are peer reviewed by experts in the respective field. Authors of the manuscripts bear responsibility for their content, credibility and reliability.

Editorial board doesn't expect the manuscripts' authors to always agree with its opinion.

Postal Address: 1367/4, Stara Vajnorska str., Bratislava – Nove Mesto, Slovakia, 831 04

Release date 22.12.2018.

Format 21 × 29,7/4.

Website: <http://ejournal28.com/>  
E-mail: [sochio03@rambler.ru](mailto:sochio03@rambler.ru)

Headset Georgia.

Founder and Editor: Academic Publishing House Researcher s.r.o.

Order № RJAP-4.

C O N T E N T S

**Articles and Statements**

The Development of Geodesic Astronomy S.G. Gospodinov .....	3
Tachyon Field and Non-Existence of Dark Matter T. Musha, L.M. Caligiuri .....	11
Evolution of the Salyut Space Research Program V.P. Savinych .....	19
The Development of the Direction "Comparative Planetology" V.Ya. Tsvetkov .....	33

Copyright © 2018 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  
 2018, 4(1): 3-10

DOI: 10.13187/rjar.2018.4.3  
[www.ejournal28.com](http://www.ejournal28.com)



## Articles and Statements

### The Development of Geodesic Astronomy

Slaveyko G. Gospodinov <sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup> University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia, Bulgaria

#### Abstract

The article explores the state and development of geodesic astronomy. The article compares the development of astronomy and geodesy. The distinction between astronomical and geodesic measurements is shown in the article. The main tasks of geodesic astronomy are described. The coordinate systems of geodesic astronomy are disclosed in the article. The article shows the similarity of the coordinates of geodesic astronomy with terrestrial coordinate systems. The article describes the features of the application of the results of astronomical definitions. The specificity of integration of space sciences and integration of space sciences is described. The article explores the nesting of spaces as the basis for the development of spatial sciences and geodesic astronomy.

**Keywords:** astronomy, geodesy, geodesic astronomy, space sciences, integration of sciences.

#### 1. Введение

Термин «Геодезическая астрономия» (Geodetic astronomy) появился более ста лет назад (Hayford, 1910). Его появление, как всей науки геодезическая астрономия, было обусловлено объективной необходимостью точных измерений при астрономических исследованиях. Это было задолго до появления первых искусственных спутников Земли и начала космической эры связанной с освоением космического пространства. Развитие астрономии началось за сотни лет до появления геодезии. Его связываю с навигацией и мореплаванием. Астрономия служила морякам наукой, с помощью которой можно было бы осуществлять навигацию в открытом океане. Геодезия как наука появилась много позже. Однако, сравнивая эти науки, можно констатировать, что астрономия «точна в большом», а геодезия – «точна в малом». В масштабах земной поверхности геодезические измерения и методы более точны. Астрономия ориентирована на оптические измерения. Она в сравнении с геодезией является качественной наукой с элементами количественного анализа. Геодезию считают разделом прикладной математики. Она ориентируется на точные измерения, на исключение ошибок из измерений и на сложные геометрические построения. Геодезия это в первую очередь количественная наука. Геодезия более тесно по сравнению с астрономией связана с геометрией. Геодезия включает в себя геометрию как математическую основу, а обработка погрешностей это раздел теории вероятностей и конек геодезии, который вделает ее привлекательной для астрономии. Современная геодезическая

\* Corresponding author  
 E-mail addresses: [sgospodinov@mail.bg](mailto:sgospodinov@mail.bg) (S.G. Gospodinov)

астрономия прошла длинный путь развития (Hoskinson, Duerksen, 1947a; Hoskinson, Duerksen, 1947b; Hoskinson, Duerksen, 1952; Кузнецов, 1966; Robbins, 1976; Sigl, 1978; Уралов, 1980; Thomson, 1981; Hlibowicki, 1981; Абалакин и др., 1996; Glavcheva, 2000; Korakitis, 2002; Hirt, Bürki, 2006; Пандул, 2010; Гиенко, Канушин, 2010) и занимает важное место в системе наук о пространстве. Астрономия (astronomy) (Jeans, 1928) одна из древнейших наук. Древние цивилизации оставили после себя многочисленные астрономические артефакты, подтверждающие знание ими закономерностей движения небесных тел. Исторически астрономия включала в себя астрометрию, навигацию (по звездам), наблюдательную астрономию. Для решения задач управления транспортом и перемещения большое значение имеет навигация. В наши дни профессиональная астрономия включает радиоастрономию (Kraus, 1966). Астрономические определения совместно с результатами геодезических и гравиметрических измерений позволяют: установить исходные геодезические даты; обеспечить ориентировку осей референц-эллипсоида в теле Земли; определить параметры земного эллипсоида; определить высоты относительно референц-эллипсоида. Потребность в геодезических измерениях, сопоставлении астрономических измерений с земными, трансформации астрономических измерений в земные – привела к появлению геодезической астрономии.

## 2. Обсуждение

**Особенности геодезической астрономии.** При рассмотрении геодезической астрономии как учебной дисциплины (Господинов, Джордова, 2011), можно отметить, что в результате ее изучения учащиеся должны знать:

- геометрию небесной сферы, механику суточного движения звезд;
- координатные системы (Розенберг, Цветков, 2009) и системы измерения времени (Robbins, 1967);
- основные задачи и методы их решения астрометрии;
- организацию Служб определения параметров вращения Земли и координат полюса;
- теорию астрономических редуций координат;
- создание звездных каталогов;
- теорию и практику астрономических определений;
- точные способы определения астрономических координат и азимутов, их назначение.

Важной характеристикой сближающей геодезию и астрономию является точка отсчета. При выборе точки отсчета и системы отсчета выбирают область наблюдения. В зависимости от выбора точки отсчета различают: топоцентрическую небесную сферу – центр находится на поверхности Земли; геоцентрическую небесную сферу – центр совпадает с центром масс Земли; гелиоцентрическую небесную сферу – центр совмещен с центром Солнца; барицентрическую небесную сферу – центр находится в центре тяжести Солнечной системы.

При определении сферической системы координат выбирают на сфере два взаимно перпендикулярных больших круга, один из которых называют основным, а другой – начальным кругом системы. Этот подход применим как для астрономических координат так и для земных измерений.

В геодезической астрономии применяют схожие с земными системы сферических координат: горизонтальная система координат; первая и вторая экваториальные системы координат; эклиптическая система координат. Название систем обычно соответствует названию больших кругов, принятых за основной круг.

В геодезической астрономии определяют астрономические широту и долготу,  $\varphi$  и  $\lambda$ , а также астрономический азимут направления  $A$ .

Астрономическая широта  $\varphi$  есть угол между плоскостью экватора и отвесной линией в данной точке. Широта отсчитывается от экватора к северному полюсу от 00 до +900 и к южному полюсу от 00 до -900.

Астрономическая долгота  $\lambda$  – определяется как двугранный угол между плоскостями начального и текущего астрономических меридианов. Долгота отсчитывается от гринвичского меридиана к востоку ( $\lambda_e$  – восточная долгота) и к западу ( $\lambda_w$  – западная долгота) от 00 до 1800 или, в часовой мере, от 0 до 12 часов ( $12^h$ ). Иногда долготу считают в одну сторону от 0 до 3600 или, в часовой мере, от 0 до 24 часов. Астрономический азимут направления  $A$  – определяется как двугранный угол между плоскостью астрономического

меридиана и плоскостью, проходящей через отвесную линию и точку, на которую измеряется направление.

В геодезической астрономии применяют системы звездного и солнечного времени, основанные на вращении Земли вокруг оси. Это периодическое движение является в высшей степени равномерным, не ограниченным во времени и непрерывным на протяжении всего существования человечества. Кроме того, в астрометрии и небесной механике используются системы эфемеридного и динамического времени, как идеальное построение равномерной шкалы времени; система атомного времени – практическая реализация идеально равномерной шкалы времени.

Особенности применения результатов астрономических определений таковы.

Астрономические наблюдения, определяющие уклонение отвесной линии, позволяют устанавливать связь между геодезической и астрономической системами координат;

Астрономические определения азимутов направлений на земные предметы контролируют угловые измерения, ограничивают случайные и систематические погрешностей в угловых измерениях;

Астрономические определения географических координат служат средством определения положений объектов, движущихся относительно земной поверхности на море и в воздухе. Это важный фактор для управления транспортными системами;

Астрономические определения географических координат и азимутов направлений используют для контроля угловых измерений в полигонометрических ходах и других угловых построениях, при топографо-геодезическом обеспечении войск.

Методы астрономических определений делят на точные и приближенные. Точными называют методы, позволяющие при современном состоянии теории геодезической астрономии и ее инструментальной базы получить с максимальной точностью значения широт, долгот и азимутов направлений. Приближенные методы определяют астрономические координаты с точностью от 1" до 1'. Общими отличительными особенностями приближенных методов являются: прямое измерение наблюдаемых величин, небольшое число приемов наблюдений, фиксация моментов наблюдений не точнее 1с, частое использование в качестве объекта наблюдений Солнца, применение упрощенных методик наблюдений и упрощенных формул обработки.

### **Интеграция наук о пространстве**

Основой интеграции наук о пространстве является геоинформатика. она возникла и развивается на основе интеграций различных научных направлений (Розенберг, Цветков, 2015; Савиных, 2015). На Рисунке 1 представлена система наук о пространстве и ее трансформация в космические дисциплины. В качестве первой особенности интеграции наук о пространстве надо отметить интеграцию геоинформатики с технологиями дистанционного зондирования (Савиных, Цветков, 1999; Савиных, Цветков, 2000). В качестве второй особенности интеграции наук о пространстве надо отметить трансформацию наук о Земле в космические дисциплины (левый столбец Рисунок 1). Основой интеграции в этом направлении является геодезическая астрономия (Господинов, Джордова, 2011) как наиболее сложившаяся исторически наука среди рассмотренных наук.



**Рис. 1.** Интеграция наук о пространстве и космическая специализация

В качестве третьей особенности интеграции наук о пространстве нужно выделить кластеризацию космических дисциплин (космическая фотограмметрия, обработка радиолокационных снимков, обработка тепловых снимков, лидарные методы) в единый комплекс. Эта кластеризация обусловлена необходимостью обработки измерений, получаемых по разным диапазонам электромагнитных волн и необходимости сопоставлять и объединять эти измерения.

Эта кластеризация тесно связана с космической геоинформатикой. Космическая геоинформатика, как и геодезическая астрономия является синтезом разных наук, решающих свои специальные задачи. Космическая геоинформатика, как и геодезическая астрономия, обеспечивает на уровне данных сопоставимость и анализ. Но геодезическая астрономия решает задачи связи между астрономией и геодезией. Космическая геоинформатика решает задачи связи для большего числа наук.

Космическая геодезия (Глушков и др., 2002) служит основой переноса геодезических методов измерений в космос. Особняком стоит сравнительная планетология (Савиных, Цветков, 2012), которая дифференцирует направление исследования малых небесных тел.

На уровне технологий геодезическая астрономия интегрирует технологии и методы анализа и обработки. При этом она является инструментом междисциплинарного переноса знаний. На уровне познания геодезическая астрономия аналогична земной геодезии способствует интеграции наук (Савиных, Цветков, 2013).

Как инструмент познания, геодезическая астрономия извлекает информацию из информационного поля (Бондур, 2015), изучает и создает пространственное знание (Цветков, 2015), включая геознание (Кулагин, Цветков, 2013). Как средство формирования картины мира, геодезическая астрономия дополняет другие науки и научные направления.

Информационная составляющая современного общества является основой развития. Значение геодезической астрономии заключается не только в обработке информации, а в

том, насколько расширяется при этом модель мира и общества. Значение геодезической астрономии в сфере научных исследований заключается в том, насколько новые модели геодезической астрономии адекватны реальной среде проживания человека и способствуют развитию цивилизации.

Рассматривая процесс освоения пространства как процесс познания мира, можно считать, что геодезической астрономии расширяет пространство исследования земной науки до космического пространства.

Мир есть система вложенных пространств. Если рассмотреть систему вложенных пространств (Рисунок 2), приведенную в работе (Barmin et al., 2014), то геодезической астрономии охватывает многие пространства.



**Рис. 2.** Мировое пространство как совокупность вложенных пространств

Методы исследований геодезической астрономии перешагнули земные рамки и распространились на исследование космического пространства.

### 3. Заключение

Геодезическая астрономия, несмотря на ее длительный период развития, представляет собой новое научное направление.

Новизна геодезической астрономии обусловлена технологическим прогрессом и возможностью проводить астрономические измерения за пределами Земли в открытом космическом пространстве.

Геодезическая астрономия в прошлом являлась синтезом геодезии и астрономии. Геодезическая астрономия в настоящем является синтезом геодезии, геоинформатики, информатики, космической геодезии, спутниковой геодезии, космической геоинформатики и астрономии. Этим задается качественное различие между геодезической астрономией в прошлом и настоящем. Геодезическая астрономия является основой интеграции земных наук, трансформированных в науки о космических исследованиях. Масштаб геодезической астрономии определяется технологическим развитием приборов и космических носителей. Применительно к земным задачам, например к задачам управления транспортом, геодезическая астрономия служит для навигации не скоростных транспортных объектов и для ориентации объектов транспортной инфраструктуры. Геодезическая астрономия и интегрированные на ее основе науки входят как составная часть в систему наук о пространстве, формирующую картину мира.

**Литература**

- Абалакин и др., 1996** – Абалакин В.К., Краснорылов И.И., Плахов Ю.Ю. Геодезическая астрономия и астрометрия: справочное пособие. М.: Картцентр-Геодезиздат. 1996.
- Бондур, 2015** – Бондур В.Г. Информационные поля в космических исследованиях // *Образовательные ресурсы и технологии*. 2015. №2 (10). С. 107-113.
- Гиенко, Канушин, 2010** – Гиенко Е.Г., Канушин В.Ф. Геодезическая астрономия. Учебное пособие. Новосибирск.: СГГА, 2010.
- 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.
- Господинов, Джордова, 2011** – Господинов С., Джордова С. Геодезическая астрономия. Военно географична служба (Болгария), 2011. 264 с.
- Кузнецов, 1966** – Кузнецов А.Н. Геодезическая астрономия: Учебное пособие. Недра, 1966.
- Кулагин, Цветков, 2013** – Кулагин В.П., Цветков В.Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // *Информационные технологии*. 2013. №12. С. 2-9.
- Пандул, 2010** – Пандул И.С. Геодезическая астрономия применительно к решению инженерно-геодезических задач // СПб.: Политехника. 2010.
- Розенберг, Цветков, 2009** – Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Координатные системы в геоинформатике. МГУПС, 2009. 67 с.
- Розенберг, Цветков, 2015** – Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космическая геоинформатика: Учебное пособие. М.: МГУПС (МИИТ), 2015. 72 с.
- Савиных, 2015** – Савиных В.П. О космической и земной геоинформатике // *Перспективы науки и образования*. 2015. №5. С. 21-26.
- Савиных, Цветков, 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, Цветков, 2000** – Савиных В.П., Цветков В.Я. Интеграция технологий ГИС и систем дистанционного зондирования Земли // *Исследование Земли из космоса*. 2000. №2. С. 83-86.
- Савиных, Цветков, 2012** – Савиных В.П., Цветков В.Я. Сравнительная планетология. М.: МИИГАиК, 2012, 84 с.
- Савиных, Цветков, 2013** – Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформатика как система наук // *Геодезия и картография*. 2013. №4. С. 52-57.
- Уралов, 1980** – Уралов С.С. Курс геодезической астрономии: Учебное пособие. Недра, 1980.
- Цветков, 2015** – Цветков В.Я. Формирование пространственных знаний: Монография. М.: МАКС Пресс, 2015. 68 с.
- Barmin et al., 2014** – Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Near\_Earth Space as an Object of Global Monitoring // *Solar System Research*, 2014, Vol. 48, No. 7, pp. 531–535. DOI: 10.1134/S003809461407003X
- Glavcheva, 2000** – Glavcheva R. How Plovdiv became involved in the 1759 Thessaloniki earthquake series and on the series itself. Warsaw Univ. of Technology, Inst. of Geodesy and Geodetic Astronomy // *Reports on Geodesy*. 2000. Т. 48. №. 3. pp. 43-50.
- Hayford, 1910** – Hayford J.F. A text-book of geodetic astronomy. J. Wiley, 1910.
- Hirt, Bürki, 2006** – Hirt C., Bürki B. Status of Geodetic Astronomy at the Beginning of the 21st Century // *Festschrift Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. hc Günter Seeber anlässlich seines*. 2006. Т. 65. pp. 81-99.
- Hlibowicki, 1981** – Hlibowicki R. Higher geodesy and geodetic astronomy. PWN, Warszawa. 1981.
- Hoskinson, Duerksen, 1947a** – Hoskinson A.J., Duerksen J.A. Manual of geodetic astronomy. US Government Printing Office, 1947.
- Hoskinson, Duerksen, 1947b** – Hoskinson A.J., Duerksen J.A. Manual of geodetic astronomy; determination of longitude, latitude and azimuth // Washington, US Govt. Print. Off., 1947 [ie 1948]. 1947. Т. 1.
- Hoskinson, Duerksen, 1952** – Hoskinson A.J., Duerksen J.A. Manual of Geodetic Astronomy // US Department of Commerce. Coast and Geodetic Survey. Special Publication. 1952. №. 237.



- [Jeans, 1928](#) – *Jeans J.H.* Astronomy and cosmogony. 1928.
- [Korakitis, 2002](#) – *Korakitis R.* Lecture notes on Geodetic Astronomy // NTUA, School of Rural and Surveying Engineering (In Greek). 2002.
- [Kraus, 1966](#) – *Kraus J.D.* Radio astronomy. New York: McGraw-Hill, 1966.
- [Robbins, 1967](#) – *Robbins A.R.* Time in geodetic astronomy // *Survey Review*. 1967. V. 19. №. 143. pp. 2-19.
- [Robbins, 1976](#) – *Robbins A.R.* Field and geodetic astronomy. HM Stationery Office, 1976.
- [Sigl, 1978](#) – *Sigl R.* Geodatische Astronomie // Karlsruhe: Wichmann, 1978. 2., uberarb. Aufl. 1978.
- [Thomson, 1981](#) – *Thomson D.B.* Introduction to geodetic Astronomy. Department of Surveying Engineering. University of New Brunswick, 1981.

## References

- [Abalakin i dr., 1996](#) – *Abalakin V.K., Krasnorylov I.I., Plakhov Yu.Yu.* (1996). Geodezicheskaya astronomiya i astrometriya: spravochnoe posobie [Geodesic astronomy and astrometry: a reference guide]. M.: Karttsentr-Geodezizdat. [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*, Vol. 48, No. 7, pp. 531–535. DOI: 10.1134/S003809461407003X
- [Bondur, 2015](#) – *Bondur V.G.* (2015). Informatsionnye polya v kosmicheskikh issledovaniyakh [Information fields in space research]. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii*. №2 (10). pp. 107-113. [in Russian]
- [Gienko, Kanushin, 2010](#) – *Gienko E.G., Kanushin V.F.* (2010). Geodezicheskaya astronomiya: Uchebnoe posobie [Geodetic astronomy: Tutorial]. Novosibirsk.: SGA. [in Russian]
- [Glavcheva, 2000](#) – *Glavcheva R.* (2000). How Plovdiv became involved in the 1759 Thessaloniki earthquake series and on the series itself. Warsaw Univ. of Technology, Inst. of Geodesy and Geodetic Astronomy. *Reports on Geodesy*. T. 48. №. 3. pp. 43-50.
- [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, Dzhordova, 2011](#) – *Gospodinov S., Dzhordova S.* (2011). Geodezicheskaya astronomiya [Geodesic astronomy]. Voenno geografichna sluzhba (Bolgariya). 264 p. [in Russian]
- [Hayford, 1910](#) – *Hayford J.F.* (1910). A text-book of geodetic astronomy. J. Wiley.
- [Hirt, Bürki, 2006](#) – *Hirt C., Bürki B.* (2006). Status of Geodetic Astronomy at the Beginning of the 21st Century. Festschrift Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. hc Günter Seeber anlässlich seines. T. 65. pp. 81-99.
- [Hlibowicki, 1981](#) – *Hlibowicki R.* (1981). Higher geodesy and geodetic astronomy. PWN, Warszawa.
- [Hoskinson, Duerksen, 1947a](#) – *Hoskinson A.J., Duerksen J.A.* (1947). Manual of geodetic astronomy. US Government Printing Office.
- [Hoskinson, Duerksen, 1947b](#) – *Hoskinson A.J., Duerksen J.A.* (1947). Manual of geodetic astronomy; determination of longitude, latitude and azimuth. Washington, US Govt. Print. Off., 1947 [ie 1948]. T. 1.
- [Hoskinson, Duerksen, 1952](#) – *Hoskinson A.J., Duerksen J.A.* (1952). Manual of Geodetic Astronomy. US Department of Commerce. Coast and Geodetic Survey. Special Publication. №. 237.
- [Jeans, 1928](#) – *Jeans J.H.* (1928). Astronomy and cosmogony.
- [Korakitis, 2002](#) – *Korakitis R.* (2002). Lecture notes on Geodetic Astronomy. NTUA, School of Rural and Surveying Engineering (In Greek).
- [Kraus, 1966](#) – *Kraus J.D.* (1966). Radio astronomy. New York: McGraw-Hill.
- [Kulagin, Tsvetkov, 2013](#) – *Kulagin V.P., Tsvetkov V.Ya.* (2013). Geoznanie: predstavlenie i lingvisticheskie aspekty [Geoscience: representation and linguistic aspects]. *Informatsionnye tekhnologii*. №12. pp. 2-9. [in Russian]
- [Kuznetsov, 1966](#) – *Kuznetsov A.N.* (1966). Geodezicheskaya astronomiya: Uchebnoe posobie [Geodetic Astronomy: Tutorial]. Nedra. [in Russian]
- [Pandul, 2010](#) – *Pandul I.S.* (2010). Geodezicheskaya astronomiya primenitel'no k resheniyu inzhenerno-geodezicheskikh zadach [Geodetic astronomy in relation to solving engineering and

geodetic problems]. SPb.: Politekhnik. [in Russian]

Robbins, 1967 – Robbins A.R. (1967). Time in geodetic astronomy. *Survey Review*. V. 19. №. 143. pp. 2-19.

Robbins, 1976 – Robbins A.R. (1976). Field and geodetic astronomy. HM Stationery Office.

Rozenberg, Tsvetkov, 2009 – Rozenberg I.N., Tsvetkov V.Ya. (2009). Koordinatnye sistemy v geoinformatike [Coordinate systems in geoinformatics]. MGUPS. 67 p. [in Russian]

Rozenberg, Tsvetkov, 2015 – Rozenberg I.N., Tsvetkov V.Ya. (2015). Kosmicheskaya geoinformatika: Uchebnoe posobie [Space geoinformatics: Tutorial]. M.: MGUPS (MIIT). 72 p. [in Russian]

Savinykh, 2015 – Savinykh V.P. (2015). O kosmicheskoi i zemnoi geoinformatike [About space and Earth geoinformatics]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya*. №5. pp. 21-26. [in Russian]

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

Savinykh, Tsvetkov, 2000 – Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2000). Integratsiya tekhnologii GIS i sistem distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Integration of GIS technologies and Earth remote sensing systems]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. №2. pp. 83-86. [in Russian]

Savinykh, Tsvetkov, 2012 – Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2012). Sravnitel'naya planetologiya [Comparative planetology]. M.: MIIGAIK. 84 p. [in Russian]

Savinykh, Tsvetkov, 2013 – Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2013). Geoinformatika kak sistema nauk [Geoinformatics as a system of sciences]. *Geodeziya i kartografiya*. №4. pp. 52-57. [in Russian]

Sigl, 1978 – Sigl R. (1978). Geodatische Astronomie. Karlsruhe: Wichmann, 1978. 2., uberarb. Aufl.

Thomson, 1981 – Thomson D.B. (1981). Introduction to geodetic Astronomy. Department of Surveying Engineering. University of New Brunswick.

Tsvetkov, 2015 – Tsvetkov V.Ya. (2015). Formirovanie prostranstvennykh znaniy: Monografiya [Formation of spatial knowledge: Monograph]. M.: MAKS Press. 68 p. [in Russian]

Uralov, 1980 – Uralov S.S. (1980). Kurs geodezicheskoi astronomii: Uchebnoe posobie [Course geodetic astronomy: Tutorial]. Nedra. [in Russian]

## Развитие геодезической астрономии

Господинов Славейко Господинов<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Университет архитектуры, строительства и геодезии, София, Болгария

**Аннотация.** Статья исследует состояние и развитие геодезической астрономии. Сравнивается развитие астрономии и геодезии. Показано различие между астрономическими и геодезическими измерениями. Раскрываются основные задачи геодезической астрономии. Описаны системы координат геодезической астрономии. Показано их сходство с земными системами координат. Выделены особенности применения результатов астрономических определений. Описана специфика интеграции наук о пространстве и интеграции космических наук. Рассмотрена вложенность пространств как основа развития пространственных наук и геодезической астрономии.

**Ключевые слова:** астрономия, геодезия, геодезическая астрономия, науки о пространстве, интеграция наук.

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [sgospodinov@mail.bg](mailto:sgospodinov@mail.bg) (Г.С. Господинов)

Copyright © 2018 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  
 2018, 4(1): 11-18

DOI: 10.13187/rjar.2018.4.11  
[www.ejournal28.com](http://www.ejournal28.com)



## Tachyon Field and Non-Existence of Dark Matter

Takaaki Musha <sup>a, \*</sup>, Luigi M. Caligiuri <sup>b, c</sup>

<sup>a</sup> Advanced Science-Technology Research Organization, Yokohama, Japan

<sup>b</sup> Foundation of Physics Research Center (FoPRC), Cosenza, Italy

<sup>c</sup> Department of Physics and Computer Science, International University for Peace (Organization of United Nations), Rome, Italy

### Abstract

From the observation data, there is a significant discrepancy between the observed rotation curve of a disc galaxy and a curve derived from the theory. The theory of dark matter is currently postulated to account for the variance. Contrary to this assumption, authors present a theory by using tachyon field in the intergalactic space to explain the variance of the rotation curve of a disc galaxy.

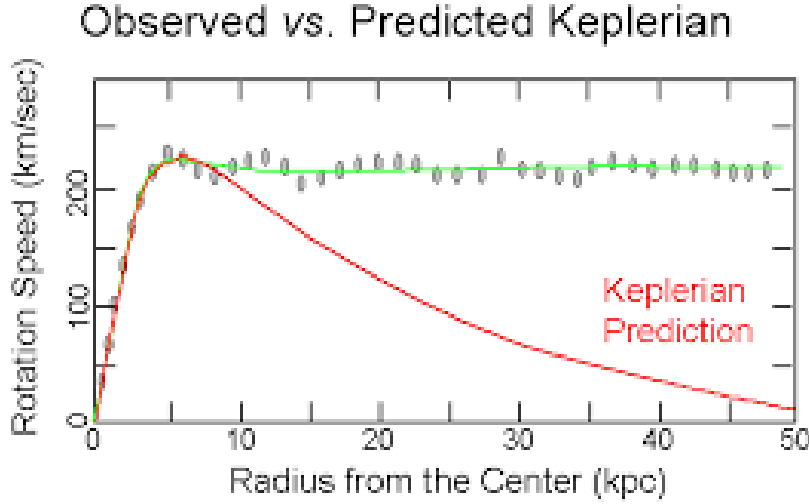
**Keywords:** tachyon, dark matter, rotation curve, disk galaxy, large-scale structure.

### 1. Introduction

The galaxy rotation problem is the discrepancy between observed galaxy rotation curves and the theoretical prediction, assuming a centrally dominated mass associated with the observed luminous material. When mass profiles of galaxies are calculated from the distribution of stars in spirals and mass-to-light ratios in the stellar disks, they do not match with the masses derived from the observed rotation curves and the law of gravity as shown in [Figure 1](#) ([Corbelli, Salucci, 2000](#); [Bosma, 1978](#); [Rubin et al., 1980](#)). A solution to this conundrum is to hypothesize the existence of dark matter and to assume its distribution from the galaxy's center out to its halo ([Hammond, 2008](#)).

\* Corresponding author

E-mail addresses: [takaaki.mushya@gmail.com](mailto:takaaki.mushya@gmail.com) (T. Musha)



**Fig. 1.** Discrepancy of the observed rotation speed of the Galaxy from the theoretical calculation

Though dark matter is by far the most accepted explanation of the rotation problem, other proposals have been offered with varying degrees of success. Of the possible alternatives, the most notable is Modified Newtonian Dynamics (MOND), which involves modifying the laws of gravity (Bekenstein, 2004; Keller, Wadsley, 2017). There have been a number of attempts to solve the problem of galaxy rotation by modifying gravity without invoking dark matter. One of the most discussed is Modified Newtonian Dynamics (MOND), originally proposed by Mordehai Milgrom in 1983, which modifies the Newtonian force law at low accelerations to enhance the effective gravitational attraction. MOND has had a considerable amount of success in predicting the rotation curves of low-surface-brightness galaxies, matching the baryonic Tully–Fisher relation, and the velocity dispersions of the small satellite galaxies of the Local Group. MOND is not a relativistic theory, although relativistic theories which reduce to MOND have been proposed, such as tensor–vector–scalar gravity, scalar–tensor–vector gravity (STVG), and the  $f(R)$  theory of Capozziello and De Laurentis (Moffat, 2006). Instead of Dark matter and MOND, which is an alternative theory to predict the rotation curve of a disk gravity, authors attempt to explain the rotational problem from the stand point of tachyon field in the intergalactic space. It can also explain the large-scale structure of the Universe.

### 1. Tachyon field generated in the intergalactic space

The interaction of tachyons in the gravitational field can be described as

$$S_{tachyon}[g, X] = \mu c \int \sqrt{g_{\alpha\beta}(X(\lambda))} \frac{dX^\alpha}{d\lambda} \frac{dX^\beta}{d\lambda} d\lambda, \quad (1)$$

where  $\mu$  is the proper mass of tachyon,  $c$  is the light speed,  $\lambda$  is an affine parameter and  $X$  is a 4 dimensional coordinate of the particle.

From which, the energy-momentum tensor can be given by

$$T^{\alpha\beta}(x) = \frac{2}{\sqrt{-g}} \frac{\delta}{\delta g_{\alpha\beta}(x)} S_{tachyon}[g, X], \quad (2)$$

$$\text{where } [g_{\alpha\beta}] = [\eta_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Then Eq.(2) can also be given by (Hotta)

$$T^{\alpha\beta}(x^0, x^1) = \mu c \int \frac{dX^\alpha}{d\lambda} \frac{dX^\beta}{d\lambda} \delta(x^0 - X^0(\lambda)) \delta(x^1 - X^1(\lambda)) d\lambda, \quad (3)$$

which satisfies the equation shown as

$$E^2 - (Pc)^2 = -\mu^2 c^4. \quad (4)$$

As the energy-momentum tensor of ordinary particles can be written as

$$T^{\alpha\beta}(x^0, x^1) = mc \int \frac{dX^\alpha}{d\tau} \frac{dX^\beta}{d\tau} \delta(x^0 - X^0(\tau)) \delta(x^1 - X^1(\tau)) d\tau. \quad (5)$$

From which, if  $\mu < 0$ , the energy of tachyon becomes negative from Eq(3), and then repulsive force is generated between tachyons and ordinary matters.

Musha and Hayman proposed that cosmic background radiation is due to the Cherenkov radiation from virtual tachyon pairs created ZPF energy field in the vacuum (Musha, Hayman, 2013).

Furthermore, Caligiuri recently proposed a model (Caligiuri, 2019) in which tachyons can be originated as the consequence of the coherent dynamics of quantum vacuum occurring in condensed matter. More precisely It has been shown (Caligiuri, 2016; Preparata, 1995) that, under suitable boundary conditions, the quantum vacuum fluctuations are able to couple so strong with a matter systems, through its proper resonances, to induce the system to “runaway”, through a “Superradiant Phase Transition” (SPT), from the a Perturbative Ground State, characterized by the quantum zero point oscillations of e.m. field and matter, towards a more stable (true) ground state, named the Coherent Ground State (CGS), in which both the e.m. field and matter system oscillate in phase with each other at a common frequency  $\omega_{coh}$ .

The resulting coherent state is characterized by a collective common behavior of the quantized e.m and matter fields appearing as a macroscopic quantum object in which atoms and molecules lose its individuality to become part of a whole electromagnetic field + matter entangled system, similar, in many regards, to that characterizing a Bose-Einstein Condensate (BEC).

One of the most remarkable consequences of the coherent phase transition is the formation, inside the macroscopic quantum coherent e.m. + matter system, of the so-called “Coherence Domains” (CDs), namely the smallest spatial regions in which the coherent evolution of the e.m. + matter field takes place, resulting from the coupling amplification between Zero-Point matter and gauge fields due to the coherent interaction. This kind of interaction determines, inside each CD, the creation of a coherent electromagnetic field whose frequency  $\omega_{coh}$  is lower than the frequency  $\omega_0$  of free (incoherent and perturbative) electromagnetic field associated to zero-point quantum fluctuations. The condition  $\omega_{coh} < \omega_0 = 2\pi / \varphi \lambda_0$  gives, when used in the Einstein equation for such type of photons (Caligiuri, 2019)

$$E^2 - p^2 c^2 = \hbar^2 \omega_{coh}^2 - \hbar^2 \left( \frac{2\pi}{\lambda_0} \right)^2 = \hbar^2 \omega_{coh}^2 - \hbar^2 \omega_0^2 = -M^2 < 0, \quad (6)$$

telling us, for example, the coherent e.m. field is “trapped” inside the CD. On the other hand, as shown by Caligiuri (Caligiuri, 2019), equation (6) can be also deduced from a Klein-Gordon like equation

$$\square \tilde{\Psi}(X_\mu) = -\xi^2 \tilde{\Psi}(X_\mu), \quad (7)$$

where  $\square = (1/c^2) \partial_T^2 + \partial_{x_1} + \partial_{x_2} + \partial_{x_3}$  and  $\xi^2 = \mu^2 c^2 / \hbar^2$  where  $\mu$  is the rest tachyon mass.

This quantum field equation holds in a superluminal (tachyonic) manifold  $\tilde{E}_4$  equipped with the “space-like” metric given by

$$dS^2 = G_{\mu\nu} dX^\mu dX^\nu \quad \mu, \nu = 1, 2, 3, 4, \quad (8)$$

where  $X^\mu$  are the space and time coordinates defined in a tachyonic reference frame (TRF),  $G_{\mu\nu}$  is the metric tensor defined by

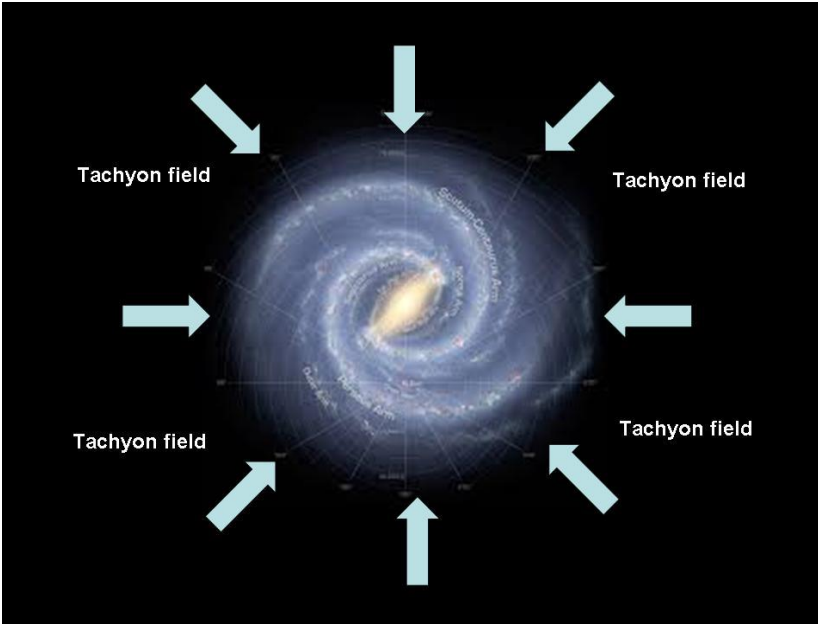
$$[G_{\mu\nu}] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (9)$$

So that we always have, in the TRF,  $dS^2 > 0$ . In such a TRF, two events are then always separated by a space-like distance also defining a true space axis. As a very important consequence of this formulation (Caligiuri, 2019), the tachyon rest mass is real and experimentally accessible both in a TRF and in an ordinary reference frame (ORF) like the usual Lorentz ones. Then, according to this model (Caligiuri, 2019), spontaneous fluctuations of quantum vacuum are able to give rise, when the local density is sufficiently high, to the formation of coherent domains entrapping a coherent e.m. field composed by evanescent photons or tachyons.

The tachyonic Klein – Gordon equation (7) is, on the other hand, a truly quantum field equation in which the wave-function  $\tilde{\Psi}$  plays, as usual, the role of an hermitian operator of the tachyonic field (of spin zero and mass  $\mu$  that can be decomposed as

$$\tilde{\Psi} = \tilde{\Psi}_1 + i\tilde{\Psi}_2, \quad (10)$$

in which the real and complex components of the field, associated to its two degrees of freedom, represent the electric charge of a charged tachyon particle. This allows us to develop, as it will be discussed in a forthcoming paper, a quantum field theory of charged tachyons in which we can respectively define the creator and annihilation operators  $\tilde{\Psi}^\dagger$  and  $\tilde{\Psi}$ , and also to consider a tachyons field as a true tachyon-antitachyon field.



**Fig. 2.** Repulsive forces to the galaxy from tachyon field in the intergalactic space

If virtual tachyon pairs will radiate electromagnetic energy by Chrenkov effect, they become true tachyons and it is considered that they fill the intergalactic space of the Universe.

Thus tachyon field exerts repulsive force to the disk galaxy as shown in Figure 2.

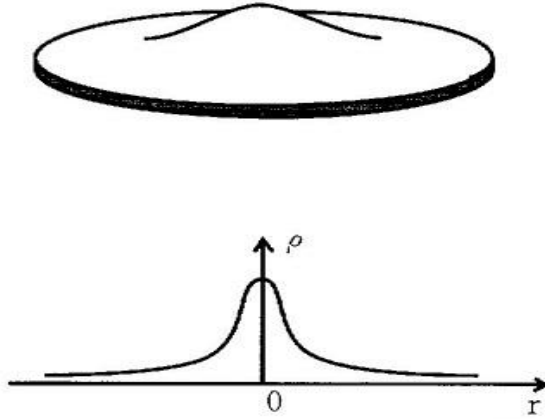
If we introduce the parameter  $f$ , which is the repulsive force of tachyon field in the intergalactic space, the kinetic equation of stars can be given by

$$m \frac{v^2}{r} = G \frac{M(r)m}{r^2} + f. \quad (11)$$

If we suppose  $f \approx m\alpha$ , where  $\alpha$  is an acceleration of starts induced by the repulsive force of tachyon field, then we have

$$v \approx \sqrt{\frac{GM(r)}{r} + \alpha r}. \quad (12)$$

The following figure shows the disk galaxy and its mass density.



**Fig. 3.** Mass density of a disc galaxy

From mass density of the galaxy shown in [Figure 3](#), we have the approximation shown as

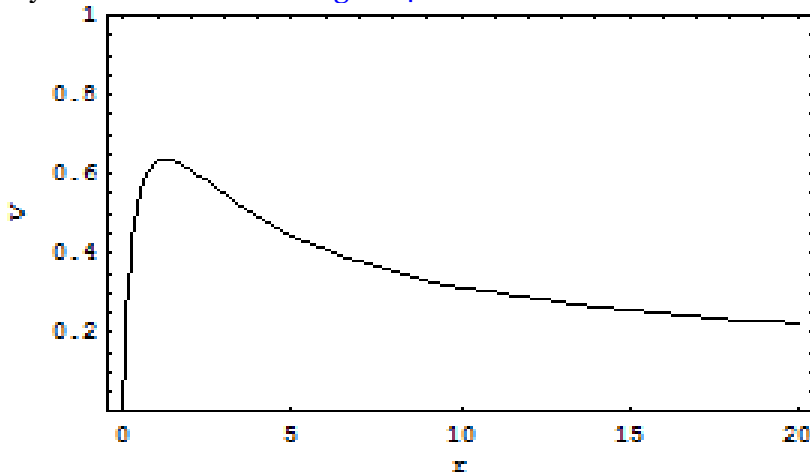
$$M(r) = \int \rho dV \approx M(1 - \exp(-\beta r)), \quad (13)$$

where  $\beta$  is an arbitrary constant.

Thus the rotation velocity of stars becomes

$$v \approx \sqrt{\frac{GM}{r}(1 - \exp(-\beta r)) + \alpha r}, \quad (14)$$

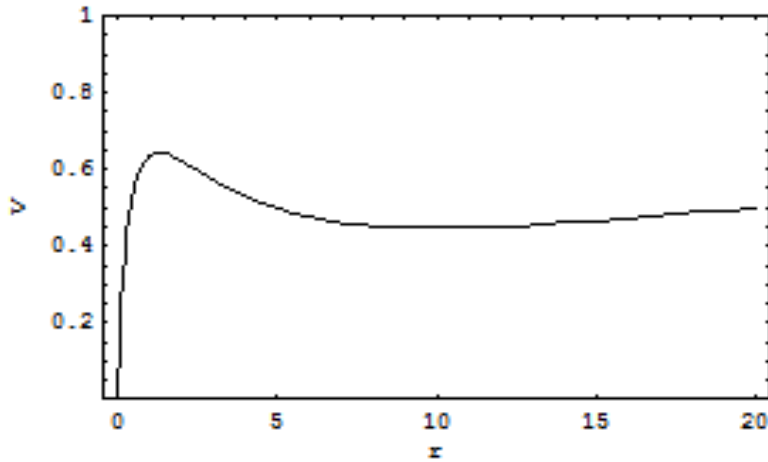
If we let  $\alpha = 0$ , we obtain the velocity curve of a disc galaxy without the repulsive force of tachyon field as shown in [Figure 4](#).



**Fig. 4.** Rotation curve of the galaxy without the repulsive force of tachyon field ( $GM = 1, \beta = 1$ )

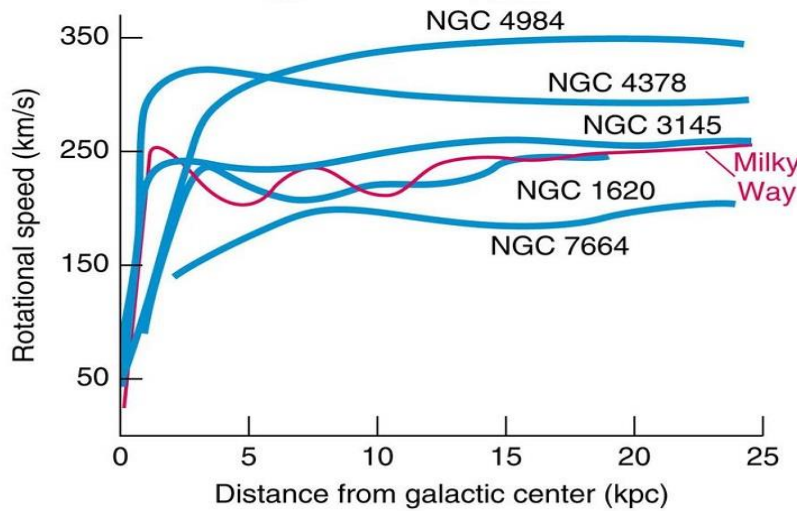
In this figure, the horizontal line is for the distance from the center of the galaxy and the vertical line is for the rotational velocity of stars.

If we let  $\alpha = 0.01$ , which is the repulsive acceleration of tachyon field, we obtain the velocity curve as shown in [Figure 5](#).



**Fig. 5.** Rotation curve of the galaxy considering the repulsive force of tachyon field ( $GM = 1, \beta = 1$ )

Figure 6 shows the observed data of rotational speed of galaxies.



**Fig. 6.** Observed rotation curves of galaxies (Galaxy rotation speed)

Compared Figure 4 and Figure 5 with Figure 6, we can see that Figure 5 considering force by tachyon field coincides well with the observed data of the rotational speed of disc galaxies.

Dark matter has not yet been observed directly, it must barely interact with ordinary baryonic matter and radiation. The primary candidate for dark matter is some new kind of elementary particle that has not yet been discovered, in particular, weakly-interacting massive particles (WIMPs), or gravitationally-interacting massive particles (GIMPs). Many experiments to directly detect and study dark matter particles are being actively undertaken, but none has yet succeeded. Dark matter is classified as cold, warm, or hot according to its velocity (more precisely, its free streaming length). Current models favor a cold dark matter scenario, in which structures emerge by gradual accumulation of particles.

Hence many scientists think that dark matter is by far the most accepted explanation of the rotation problem, and no sign of the existence of dark matter is revealed by the observation.

By considering the tachyon field which repels ordinary matters, it is seen that the observation data of galaxies can be explained.

If we can accept the existence of repulsive tachyon field in the intergalactic space, the riddle of the rotation problem of galaxies can be solved.





**Fig. 7.** Large-scale structure of the Universe

J.P. Petit attempted to explain the large scale of the Universe, as shown in [Figure 7](#), introducing the anti-matter cloud surrounding galaxies ([Petit, 1994](#)), but tachyons repel each other and this can explain well the existence of void and the large-structure of the Universe without the anti-matter cloud.

This is like the water bubbles, which trap water on their surfaces as shown in [Figure 8](#).



**Fig. 8.** Bubbles trap water on their surfaces, which is like the large-scale structure of the universe

Hence we can consider that galaxies are trapped by repulsive forces of the tachyon field like water bubbles which trap water on their surface.

Furthermore, the generation of tachyons in a space may assist the expansion of the Universe, and there is no need of dark energy.

### 3. Conclusion

Dark matter is a hypothetical form of matter that is thought to account for approximately 85 % of the matter in the universe, and about a quarter of its total energy density. The majority of dark matter is thought to be non-baryonic in nature, possibly being composed of some as-yet undiscovered subatomic particles. Its presence is implied in a variety of astrophysical observations, including gravitational effects that cannot be explained unless more matter is present than can be seen. For this reason, most experts think dark matter to be ubiquitous in the universe and to have had a strong influence on its structure and evolution

Instead of the presence of dark matter, we consider that intergalactic space is filled with tachyon field, and it can be seen that the rotation curve of a disk galaxy can be explained without dark matter. Furthermore, the repulsive tachyon field in the intergalactic space can explain large-scale structure of the Universe and also non-existence of dark energy.

## References

- Bekenstein, 2004** – *Bekenstein D.* (2004). Relativistic gravitation theory for the modified Newtonian dynamics paradigm. *Physical Review D.*, 70 (8): 083509.
- Bosma, 1978** – *Bosma A.* (1978). The Distribution of Neutral Hydrogen in Spiral Galaxies of Various Morphological Types [Electronic resource]. URL: <http://ipac.caltec.edu/level5/March/Bosma/frames.html>
- Caligiuri, 2016** – *Caligiuri L.M.* (2016). *Proc. IX Symposium Honoring Jean-Pierre Vigié: Unified Field Mechanics (Baltimore)*. Singapore, London, New York: World Scientific. 374 p.
- Caligiuri, 2019** – *Caligiuri L.M.* (2019). A new Quantum – Relativistic model of Tachyons, in *Advances in Fundamental Physics: Prelude to a Paradigm Shift. Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing.
- Corbelli, Salucci, 2000** – *Corbelli E., Salucci P.* (2000). The extended rotation curve and the dark matter halo M33. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 311(2): 441-447.
- Galaxy rotation speed** – Galaxy rotation speed [Electronic resource]. URL: [https://www.google.co.jp/search?q=galaxy+rotation+speed&safe=active&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjDsujCtsTfAhWFdt4KHbQ2DbIQ\\_AUIECgD&biw=1128&bih=625&dpr=0.95#imgrc=11qh89bKqdUItM:&spf=1546065423570](https://www.google.co.jp/search?q=galaxy+rotation+speed&safe=active&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjDsujCtsTfAhWFdt4KHbQ2DbIQ_AUIECgD&biw=1128&bih=625&dpr=0.95#imgrc=11qh89bKqdUItM:&spf=1546065423570)
- Hammond, 2008** – *Hammond R.* (2008). *The Unknown Universe: The Origin of the Universe, Quantum Gravity, Wormholes and Other Things Science Can't Explain*, Career Press, Franklin Lales, NJ.
- Hotta** – *Hotta M.* Quantum Universe [Electronic resource]. URL: <http://mhotta.hatenablog.com/entry/2014/09/28/14318>
- Keller, Wadsley, 2017** – *Keller B.W., Wadsley J.W.* (2017).  $\Lambda$  is Consistent with SPARC Radial Acceleration Relation. *The Astrophysical Journal*. 835 (1). L17.
- Moffat, 2006** – *Moffat W.* (2006). Scalar tensor vector gravity theory. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 3 (3): 4-24.
- Musha, Hayman, 2013** – *Musha T., Hayman G.* (2013). Cosmic background radiation due to the Cherenkov radiation from the zero-point field of vacuum. *Journal of Space Exploration*, 2(1): 73-77.
- Petit, 1994** – *Petit J.P.* (1994). The Missing-Mass Problem, IL NUOVO CIMENTO, vol. 109, B,N.7, 697-709.
- Preparata, 1995** – *Preparata G.* (1995). *QED Coherence in Matter*. Singapore, London, New York: World Scientific.
- Rubin et al., 1980** – *Rubin V., Thonnard N., Ford W.K.Jr.* (1980). Rotational Properties of 21 Sc Galaxies with a Large Range of Luminosities and Raddi from NGC 4605 (R=4kpc) to UGC 2885(R=122kpc). *The Astrophysical Journal*, 238: 471-487.

Copyright © 2018 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  
 2018, 4(1): 19-33

DOI: 10.13187/rjar.2018.4.19  
[www.ejournal28.com](http://www.ejournal28.com)



## Evolution of the Salyut Space Research Program

Viktor P. Savinych <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation

### Abstract

The article describes the evolution of the program of orbital research. The article analyzes the Salyut space program. The design features of orbital stations are described. The constructive development of orbital stations is described. The article reveals the content of scientific programs of space research. The fundamental and applied scientific research carried out using space technologies has been identified. The article describes in detail some of the application programs. The direction of the study of man in space was noted. The content of new sciences related to space exploration is revealed: space geodesy and space geoinformatics.

**Keywords:** space research, space stations, the Salyut program, remote sensing.

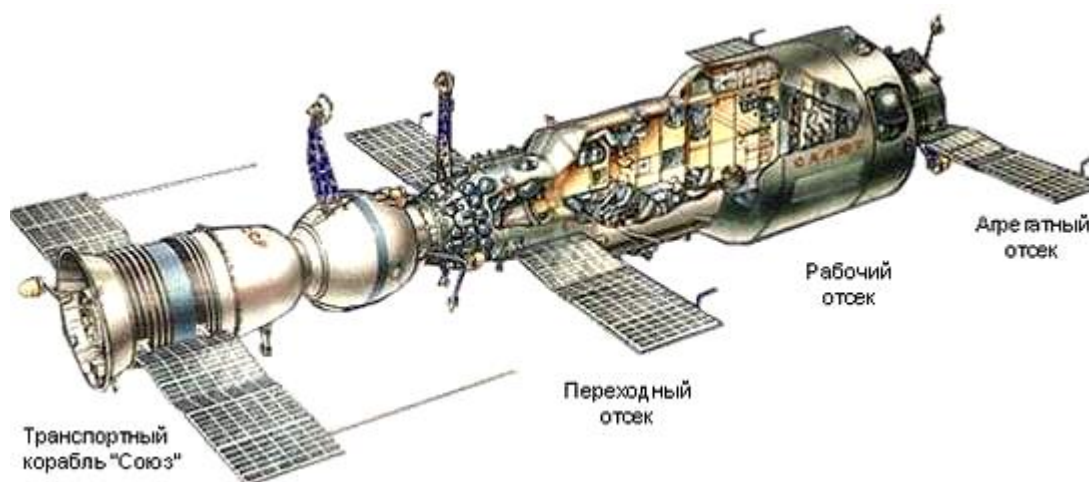
### 1. Введение

#### Программа «Салют».

Программа «Салют» является основой орбитальных научных исследований в России. Программа выполняла гражданские функции. Согласно гражданской программы «Салют» осуществляла вывод орбитальных станции согласно научного направления «Долговременная орбитальная станция» (ДОС) разработки ЦКБЭМ. Вывод на орбиту модулей «Салют» производился ракетой-носителем «Протон». Программа «Салют» выполняла хозяйственные и научные задачи. Первая станция «Салют-1» была разработана в КБ Королёва и содержала один стыковочный узел ([Рисунок 1](#)) ([Как Россия запускала...](#)).

\* Corresponding author

E-mail addresses: [president@miigaik.ru](mailto:president@miigaik.ru) (V.P. Savinych)



**Рис. 1.** Станция «Салют 1»

## 2. Обсуждение

Запуск осуществлен в апреле 1971 года. Апогей орбиты составлял 222 км, перигей 200 км. Наклонение орбиты составляло  $51,6^\circ$ . Период обращения 88,5 мин. Конструктивно «Салют-1» представлял собой соединение четырех модулей. Модули представляли собой цилиндры разных диаметров. Каждый модуль был самостоятельным отсеком станции. Средний, самый крупный цилиндр состоял из двух частей и назывался рабочим. В нем находились рабочие места космонавтов и необходимая аппаратура для научных исследований. В этом модуле находились спортивные тренажеры. В меньшей части располагался центральный пост управления станцией, спальные места космонавтов, обеденный стол и место отдыха ([Как Россия запускала...](#)). Со стороны этой «спальной» части станции располагался переходный отсек ([Рисунок 1](#)), предназначенный для стыковки космических кораблей «Союз». С противоположной стороны большой секции рабочего отсека располагался агрегатный отсек, в котором находилось оборудование жизнеобеспечения станции: двигатели с запасом топлива и панели солнечных батарей.

Первая экспедиция к «Салюту» отправилась почти сразу после его запуска: «Союз-10» (экипаж – Владимир Шаталов, Алексей Елисеев и Николай Рукавишников) стартовал к станции 24 апреля 1971 года. Успешным этот полет не был. Не удалось завершить стыковку со станцией. Космонавтам после суток напряженной работы, связанной с попытками задействовать резервную схему отстыковки не удалось выполнить задачу. «Союз» после этого отделился и 25 апреля вернулся на Землю.

В общей сложности «Салют-1» функционировал на орбите 175 дней. По команде с Земли 11 октября 1971 года на станции включились тормозные двигатели, расположенные в агрегатном отсеке. В результате этих действий станция с устойчивой орбиты перешла на параболическую траекторию и частично сгорела в атмосфере. Другие части утонули в Тихом океане.

Серия станций «Салют-2», «Салют-3», «Салют-5» — были орбитальными станциями военного назначения (КБ Челомея), разрабатывались по программе «Алмаз» для мониторинга за поверхностью Земли. В средствах массовой информации описание этих станций не давалось. При необходимости изображения работы советских космонавтов на «Салют-3» или «Салют-5» – художники изображали ОС «Салют-1» или «Салют-4». Станции были рассчитаны на полет двух космонавтов

3 апреля 1973 года на орбиту вывели «Салют-2», 26 июня 1974 года – «Салют-3», причем обе эти станции конструктивно отличались от первой. А 26 декабря 1974 года на орбиту отправился «Салют-4», представлявший собой «гражданский» вариант станции и созданный в ОКБ-1 ([Рисунок 2](#)).

выведена на орбиту  
26.12 1974 года  
на ней работали  
2 экипажа  
была обитаема  
92 дня  
проработала на  
орбите 770 дней  
станция закончила  
свою работу  
3.02.1977г



**Рис. 2.** Станция «Салют 4»

«Салют 4» проработал на орбите существенно дольше первых. Он функционировал более двух лет до 3 февраля 1977-го. До вывода с орбиты 22 июня 1976 года присоединился «Салют-5» последний из военных «Салютов». «Салют-6» и «Салют-7» (КБ Королёва) имели по два стыковочных узла (Рисунок 3).



**Рис. 3.** Станция «Салют 6», «Салют 7»

Два стыковочных узла давали возможность принимать два космических корабля одновременно, например два «Союза», «Союз» и «Прогресс», «Союз» и транспортный космический корабль (ТКС). В процессе эксплуатации на «Салют 7» произошла авария. Для устранения аварии была отправлена экспедиция космонавтов В.П. Савиных, В.А. Джанибеков (Савиных, 2017). Космонавтом пришлось стыковаться с неуправляемой станцией и исправлять неисправность солнечных батарей. Фильм, который вышел на экраны правильно отражал технические проблемы, но неверно описывал человеческие отношения. Это обусловило одного из космонавтов опубликовать заметку в газете «Аргументы и факты», описывающую реальную ситуацию. Миссия завершилась успешно.

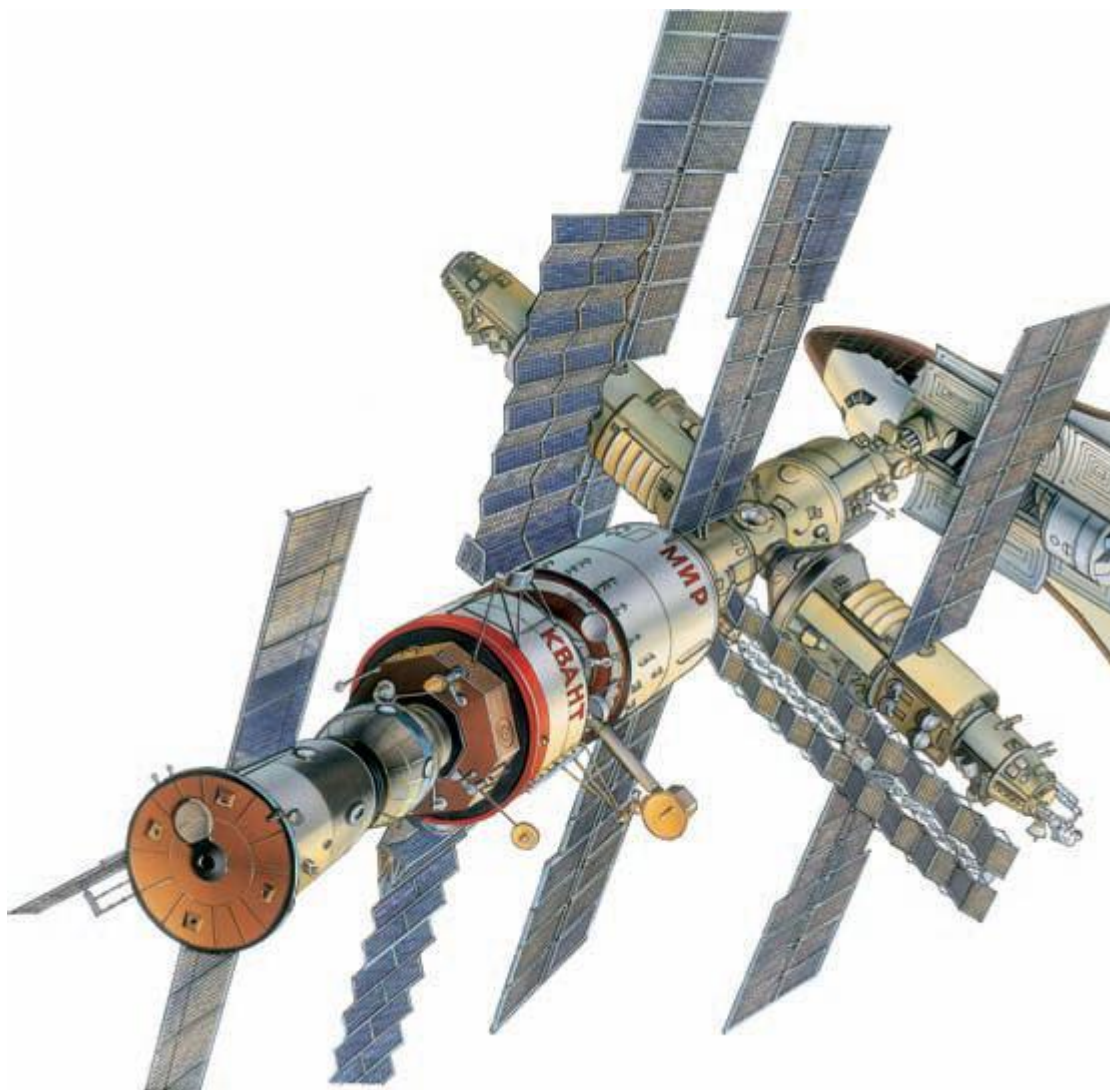
Следующий «Салют-8» выведен на орбиту под названием базовый блок орбитальной станции «Мир» [Рисунок 4](#).



**Рис. 4.** Станция «Салют 8» (МИР)

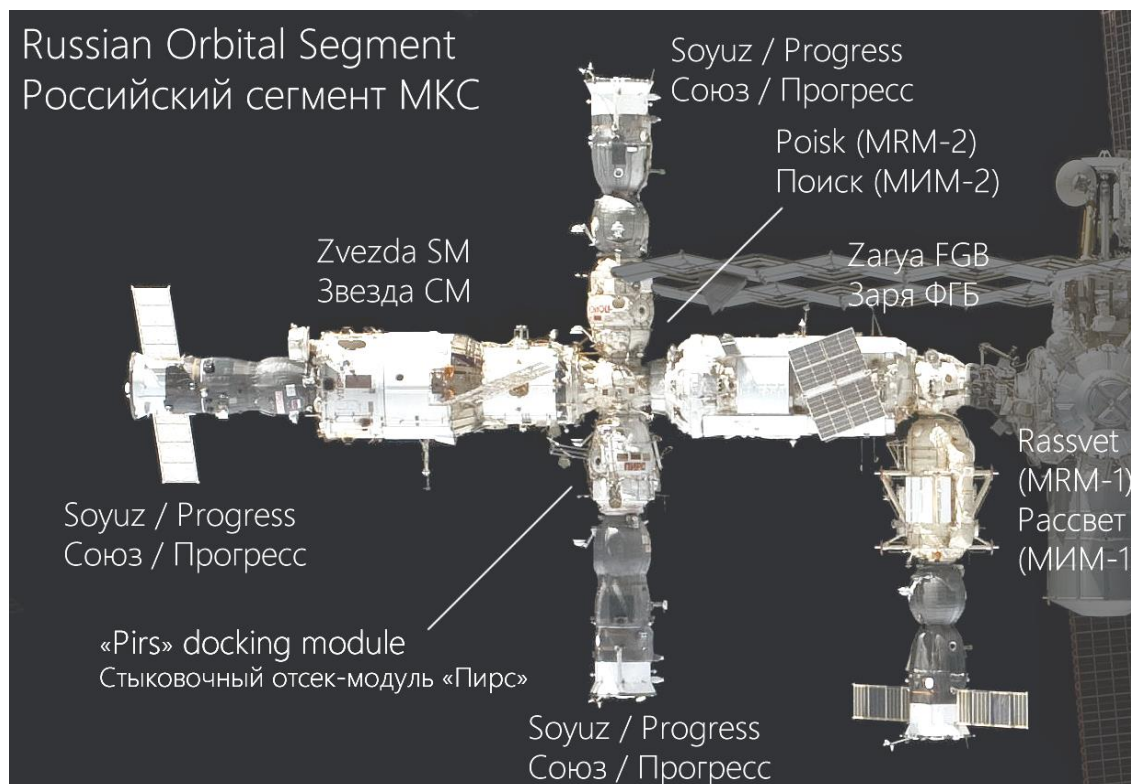
Основное отличие «Салют 8» от станций «Салют-6» и «Салют-7» состояло в наличие шести стыковочных узлов, один — осевой, на агрегатном отсеке, пять — на переходном отсеке, один осевой и четыре боковых. Это позволяло стыковать к базовому блоку пять модулей.

С агрегатным отсеком был связан модуль «Квант» с индивидуальным стыковочным узлом. К узлу модуля «Квант» стыковались корабли «Союз» или «Прогресс». Модули «Квант-2», «Кристалл», «Спектр» и «Природа» стыковались с переходным отсеком вначале к осевому стыковочному узлу, затем манипулятор переносил их на боковые узлы. После полной сборки орбитального комплекса «Мир» к осевому стыковочному узлу переходного отсека стыковались корабли «Союз». Модуль «Кристалл» имел стыковочный узел АПАС-95, предназначавшийся для «Бурана», что позволило впоследствии стыковать к станции американский корабль «Спейс шаттл» ([Рисунок 5](#)), а также российский КК «Союз ТМ-16». На станции до затопления находилось и функционировало 241 единица научной аппаратуры специального назначения.



**Рис. 5.** «Салют 8» стыковка «Спейс шаттл»

«Салют-9» первоначально разрабатывался как базовый блок для планируемой орбитальной станции «Мир-2».



**Рис. 6.** Станция «Салют 9»

После прекращения работ по российской орбитальной станции был выведен на орбиту как модуль жизнеобеспечения «Звезда» и стал частью российского сегмента МКС. «Салют-9» имел только три стыковочных узла на переходном отсеке — одного осевого и двух боковых.

#### **Направления научных исследований с орбитальных станций.**

Научные космические исследования, как и всю науку в СССР, делят на три категории: фундаментальные, народнохозяйственные и прикладные научные исследования.

*Фундаментальные космические исследования.* Фундаментальные космические исследования связаны с фундаментальной наукой. В космосе они решают задачи в глобальных масштабах. Фундаментальные космические исследования развивались в рамках Федеральной космической программы России 2006 – 2015 гг. и продолжают развиваться в рамках Федеральной космической программы России 2016 – 2025 гг. Можно выделить следующие направления фундаментальных космических исследований:

- внеатмосферная астрофизика – получение научных данных о происхождении и эволюции Вселенной;
- планетология – исследование планет и малых тел Солнечной системы (Сиротин, 2009; Савиных, Цветков, 2012);
- изучение Солнца, космической плазмы (Альвен, 1983) и солнечно – земных связей;
- изучения комбинированных эффектов невесомости и ионизирующей радиации (Ярилин, 1988) на различные организмы в ходе полета;
- исследования Луны, Марса и планет Солнечной системы и малых небесных тел (Энеев, 2005; Маров, 2005; Tsvetkov, 2017);
- Глобальный космический мониторинг Солнца, контроль солнечной активности и космической погоды (Кузнецов и др., 2007);
- Исследование геодинамических процессов с помощью космических технологий (Докукин и др., 2009);
- Исследования в области физики микрогравитации (Полежаев, Сазонов, 2009) и др.



*Народно-хозяйственные научные космические исследования.* Эти исследования, как и предыдущие, делятся на несколько самостоятельных направлений, из которых следует отметить:

- Развитие космической связи (Савиных, Цветков, 2008; Прохоров, 2013);
- Развитие системы КОСПАС-САРСАТ – международной спутниковой поисково-спасательной системы (Коверзнев, Сурков, 2006), разработанной для оповещения о бедствии и местоположении персональных радиобуев и радиобуев, установленных на судах и самолетах в случае аварийных ситуаций;
- Исследование особо опасных космических объектов (Шустов, Рыхлова, 2010; Tsvetkov, 2016; Kulagin, 2017);
- Управление космическими аппаратами (Соловьёв, 2013; Артюшенко, Кучеров, 2013) и космическое управление транспортными объектами (Розенбер и др., 2013).

*Прикладные научные космические исследования.* Прикладные научные космические исследования связаны с развитием прикладных научных исследований. К этим направлениям следует отнести:

Исследование околоземного космического пространства (Акопов и др., 2004; Varmin et al., 2014);

Создание космических аппаратов на экологическом топливе;

Создание космических ядерных энергетических установок;

Создание космических систем управления;

Исследования в областях: космической биологии (Парин и др., 1975), космической физиологии (Парин, 1967), космической психологии (Ломов, Самсонов, 1979), космического материаловедения.

Развитие космической геодезии (Глушков и др., 2002);

Развитие систем глобальной навигации (Dow et al., 2009; Groves, 2013; Куприянов, Цветков, 2016);

Развитие космической геоинформатики (Bondur et al., 2015; Савиных, 2015).

#### **Прикладные исследования**

Ряд явлений, обнаруженных в ходе научных исследований с космических станций относятся к редким, не имеющим аналога при наземных исследованиях. Их можно характеризовать словом феноменальные, как редко встречающиеся. Для этого понятия применяют термин аномальные явления (Киенко, 1999). Однако его употребление во всех случаях не оправданно, поскольку ряд таких явлений не встречаются в земных условиях и нормально встречается в космических исследованиях. Все они имеют физическое объяснение. Феноменология как наука относится к философии, но в трактовке этого слова заложен и второй смысл — наука изучения редких явлений. Поэтому, для исследования редких явлений можно применить понятие "феноменологические исследования".

*Визуальная генерализация.*

Обзорность космических наблюдений и космических снимков на порядки выше, чем при аэровизуальных наблюдениях. Космический снимок охватывает территорию, для съемки которой требуется около тысячи аэрофотоснимков. Поэтому для космических исследований характерно явление, которое называют визуальная генерализация. Генерализация заключается в объединении мелких деталей в объект, который при близком исследовании не заметен.

При отдалении от объекта наблюдения человек наблюдает линейные объекты определенной ширины, в то время как точечные объекты такой же ширины становятся для него "невидимыми". Таким образом, при удалении от объекта наблюдения отдельные точки его могут исчезать при сохранении линейных объектов. Эти линейные объекты называют линеаментами.

Понятие линеаменты введено в геологическую литературу Хоббсом. Согласно определению Хоббса, линеаменты – это трещины и разрывы, появляющиеся на земной поверхности или их индикаторы – следы пространственных элементов. Развитие космических исследований расширило это понятие и линеаментами называют линейные объекты на земной поверхности, несущие информацию о пространственных объектах и процессах. Линеаменты формируют картину, воспринимаемую наблюдателем на большом расстоянии. При увеличении высоты наблюдения поверхности Земли происходит

иконическая естественная генерализация, т.е. сглаживание контуров, слияние групп мелких объектов за счет интеграции излучения и оптических эффектов восприятия отраженного излучения. Этот эффект применяют при поиске полезных ископаемых. Оно позволяет изучать протяженные тела и геологическую структуру (Бондаренко и др., 1979). Применение космических средств наблюдения снижает затраты на геологическую съемку на 1500 % (Киенко, 1999). Таким образом, визуальная генерализация приводит к тому, что при наблюдении из космоса отдельные детали земной поверхности объединяются в единое целое, образуя крупномасштабную картину строения Земли.

#### *Подповерхностное изображение*

При космических исследованиях было обнаружено явление визуального проявления глубинных структур под поверхностью планеты. В этих случаях создается впечатление, что как бы просвечивается поверхностный слой земной коры. Это явление называют также «интроскопией» (Шилкин, 1979, «аномальным изображением» (Киенко, 1999), «подповерхностным изображением» (Савиных, Цветков, 2001). Достаточно обоснованного объяснения этому явлению пока не дано. Однако такая информация, обозначенная как фактофиксирующая (Цветков, 2016) используется для поиска полезных ископаемых, для исследования движения земной коры.

Вопреки законам оптики, согласно которым изображение видимого диапазона должно формироваться на основе отражения света от непрозрачных сред, на космических снимках фиксируется излучение от объектов, находящиеся под отражающей земной поверхностью. Однако через поверхность суши так же, как и через морскую воду просматриваются только крупномасштабные объекты и образования, в которых практически невозможно различить небольшие детали. Впервые на это явление обратили внимание А.Г. Николаев и В.И. Севастьянов во время первого длительного полета на космическом корабле „Союз—9” в июне 1970 г.

Интересно отметить, что примерно аналогичная картина возникает при наблюдении или регистрации из космоса поверхности Земли через облачный покров. Многие космонавты через облачный покров на ночной стороне Земли хорошо различали освещенные города по светящемуся пятну на поверхности облаков. Одним из первых наблюдали из космоса ночные города через облачный покров В.М. Комаров, К.П. Феоктистов и Б.Б. Егоров во время полета на космическом корабле "Восход" в октябре 1964 г. Иногда по контрастам в светящемся пятне на поверхности облаков можно было различать отдельные наиболее ярко освещенные районы и магистрали городов, которые просматриваются через не очень плотные облака. Особенно хорошо видны из космоса красные огни неоновых ламп.

#### *Повышение прозрачности водной поверхности*

Опыт космических наблюдений с расстояний в сотни километров от поверхности Земли дает основание говорить о "повышении прозрачности" водной поверхности по отношению к удаленному наблюдателю. Такому наблюдателю становятся видны глубины морей и океанов, недоступные для визуального наблюдения с борта судна. При наблюдении из космоса в ряде случаев создается впечатление, что вода в морях и океанах не мешает наблюдению глубоководного рельефа дна. Однако при этом через морскую воду просматриваются только крупномасштабные объекты и образования, в которых практически невозможно различить небольшие детали (Лазарев, 1987).

Многие советские космонавты наблюдали и регистрировали дно морей и океанов на глубинах в десятки и сотни метров. В первое время к этим наблюдениям относились очень настороженно. Дело в том, что с надводных кораблей и даже с самолетов дно морей и океанов видно на глубинах в десятки метров. Считалось, что толщина воды на глубинах 60–70 м совершенно непрозрачна. Поэтому результаты наблюдений глубоководного морского дна пытались объяснить оптическими эффектами, вызванными скоплением взвешенных в воде частиц, возникающих при обтекании подводными течениями неровностей рельефа дна.

Первыми из советских космонавтов глубоководный рельеф дна морей и океанов наблюдали А.Г. Николаев и В.И. Севастьянов с космического корабля "Союз—9" в июне 1970 г. (Лазарев, Савиных, 1996). Оказалось, что из космоса хорошо видны рельеф дна в прибрежных районах, продолжения русел рек, подводные горные хребты и отмели в морях и океанах. С "Союза—9" было видно, как постепенно, уступами опускается в океан Южно—

Американский континент, террасами уходит в глубину дно озера Иссык–Куль, а в районе Сочи у мыса Адлер черноморское дно плавно понижается при удалении от берега.

Подводный рельеф дна Тихого океана в районе Соломоновых островов на глубинах до 400 м наблюдал с орбитальной станции "Салют–6" в июне 1978 г. В. В. Коваленок. По его словам, подводные горные хребты воспринимаются так же, как и горные хребты на поверхности Земли. Они видны как образ горы, а не как изменения оптических характеристик воды, возникающих при взаимодействии океана (главным образом, течений) с подводными горными хребтами. Подводные горные хребты отличаются от других океанических образований землисто–серым цветом, неравномерно распределенным по структуре хребта. Поэтому космонавты по визуальному восприятию цветовых контрастов безошибочно отличают планктон или взвеси в океане от подводных горных хребтов.

Анализ результатов наблюдений советских космонавтов показывает, что из космоса можно наблюдать и рельеф дна рек, озер, заливов, водохранилищ, но на меньших глубинах в связи с более высокой замутненностью воды в этих водоемах. Нередко из космоса крупные реки видны в виде желтых извивающихся лент, что скорее всего связано с цветом их песчаного дна.

Результаты визуальных наблюдений и особенно регистрации рельефа дна морей и океанов из космоса в видимой области спектра уже используются при освоении мелководных участков Мирового океана, в том числе и наиболее перспективных для этой цели прибрежных шельфов (Лазарев, Савиных, 1996).

*Серебристые облака и мини- кометы.*

Серебристые облака – феномен, который зафиксирован, но до настоящего времени не получил строго научного объяснения. Серебристые облака были обнаружены в 1885 г примерно одновременно Т. Бакгаузом в Киссингене 8 июня, В. Лаской в Праге 10 июня, В. Цесарским 12 июня в Москве. Эти облака были видимы после захода солнца и отличались от прочих облаков яркостью и серебристым отблеском. Исследования показали, что серебристые облака располагаются на высоте около 80 км над поверхностью Земли (Лазарев, Савиных, 1997).

Серебристые облака (СО) имеют естественное и антропогенное происхождение. Для экипажа орбитальной станции «Салют 4» была разработана специальная программа исследования СО. Исследования проводились в июне-июле 1975 г. П.И. Климукон и В.И. Севастьяновым. На основании данных, полученных 3-4 июля было высказано предположение, что облака образуют сплошные полосы и могут покрывать до половины земного шара (Лебединец, Курбаимуратов, 1992). Наблюдения продолжались с орбитальной станции «Салют 6» и «Салют 7» и «Мир».

Одной из гипотез образования СО, является предположение В.Н. Лебединца и О. Курбаимуратова (Лебединец, Курбаимуратов, 1992) о том что источником водяного пара образующего серебристые облака являются «мини-кометы», открытые в 1986 году (Frank et al., 1986). Предполагается, что в атмосферу Земли вторгается большое количество ядер мини-комет, которые приносят в атмосферу Земли до 3 млн. тонн воды в сутки.

Авторами работы (Лебединец, Курбаимуратов, 1992) была составлена балансовая модель концентрации водяного пара в мезосфере и мезопаузе (среда образования СО) с учетом трех основных источников водяного пара: подъем с земной поверхности, окисление метана в стратосфере, и приток мини-комет. Эта модель подтвердила предшествующие гипотезы о том, что без мощного внешнего космического источника содержание водяного пара в мезопаузе недостаточно для образования серебристых облаков.

Следует констатировать, что открытие мини-комет не признается рядом астрофизиков. Предположительно вход мини-кометы в атмосферу Земли впервые наблюдал Г.М. Стрекалов с борта орбитальной станции «Мир» 26 сентября 1990 г. Из-за серебристого цвет мини-кометы часто принимают за НЛО.

#### **Медико-биологические исследования**

На космических станциях традиционно очень большой объем времени занимают медико-биологические исследования. Они связаны с первичной адаптацией человека «Земля – космическое пространство» и послеполетной адаптацией «космическое пространство – Земля». В связи с перспективой освоения космического пространства

важными являются исследования, способствующие сохранению здоровья человека в длительном космическом полете (Воробьев и др., 1976).

Помимо получения фундаментальных знаний о влиянии измененной гравитации на протекание различных биологических процессов, в настоящее время много усилий направлено на заимствование технологий космической медицины в земную, включая и методы диагностики, и методы лечения, и методы профилактики и реабилитации.

Выявлено, что магнитные бури влияют на деятельность сердечно-сосудистой системы. Большинство людей старше 55 лет страдают нарушением сердечно-сосудистой системы в той или иной мере. На всех наблюдаемых на станции космонавтах магнитные бури также оказывали большое влияние. В связи с этим, специалисты проводили на станции исследования характера таких бурь и их поведения. Головной организацией по медицинским исследованиям на станции являлся Институт медико-биологических проблем. В ее арсенале на станции имелась уникальная медицинская лаборатория, которая включала в себя более полутора тонн современной аппаратуры, имеющейся на то время в единственном экземпляре. ИМБП отвечала, и за гигиенический надзор за станцией. После проведения всех необходимых замеров на "Мире" было констатировано, что станция до последнего момента находилась по гигиеническим параметрам в очень хорошем состоянии.

Среди многочисленных проблем, связанных с практическим освоением космического пространства, важной является проблема психических реакций и состояний человека в условиях орбитальных полетов, длительных полетов к другим планетам и во время пребывания на их поверхности. Космическая психология развилась на основе авиационной психологии – одной из отраслей психологии труда. Она основывается на достижениях общей психологии и физиологии человека.

Впервые на проблему фиксации и восприятия человеком пространственных отношений вне Земли обратил внимание К.Э. Циолковский. Основываясь на общетеоретических исследованиях, он предполагал, что состояние невесомости во время космического полета должно привести к изменению восприятия окружающего пространства.

Большое место в космических исследованиях занимает изучение фактора изоляции или одиночества.

Одиночество – серьезное испытание для человека и животного. Даже при коротких сроках одиночества у испытуемых, находящихся в сурдокамере, могут появиться неприятные ощущения оторванности от мира, гнетущее чувство заброшенности и тоски.

Отрыв от Земли как специфический фактор «break-off» возникает у космонавтов. Но ранее его зафиксировали у стратонавтов, летчиков, планеристов, парашютистов при подъеме на достаточную высоту. Это чувство иногда было приятным, но иногда к нему добавлялось чувство неосознанной тревоги и беспокойства.

Феномен "break-off" встречается у летчиков высотной авиации. Так, при опросе 137 пилотов американской морской авиации (Парин и др., 1975) выяснилось, что у 35 % во время полетов на высоте 12 км возникало состояние, заключающееся в возникновении у пилота пространственной дезориентации и появлении ощущения, что он изолирован и физически оторван от Земли до такой степени, что теряет с ней контакт. Феномен "break-off" появляется у пилотов гражданской авиации при полете в тумане и облаках.

Способствуют его появлению малая двигательная активность, монотонность и однообразие полета, физическое и умственное утомление. Эти факторы характерны для космических полетов. Исследование причин и устранение этого феномена – одна из задач космических полетов. Которая также успешно решается.

### 3. Заключение

Описанные проблемы космических исследований составляют часть фактических научных космических исследований. В настоящее время эти исследования развиваются по четырем направлениям. Развитие и расширение околоземного космического пространства. Поддержка существования наземной цивилизации. Исследование в космических условиях феномена человека. Многоаспектное исследование как солнечной системы, так и дальнего космоса. Космические исследования органически связаны с земными научными исследованиями. Но из-за закрытости многих исследований

отсутствует полная систематика этих работ. Данная статья одна из попыток внести систематизацию в космические исследования.

### Литература

**Акопов и др., 2004** – Акопов Г.А., Семенов В.Т., Чуркин А.Л. Задачи, решаемые космическим аппаратом "Метеор-М" по мониторингу Земли и околоземного космического пространства // *Солнечно-земная физика*. 2004. №. 5. С. 40-42.

**Альвен, 1983** – Альвен Х. Космическая плазма: Пер. с англ. М.: Мир, 1983.

**Артюшенко, Кучеров, 2013** – Артюшенко В.М., Кучеров Б.А. Информатизация управления группировкой космических аппаратов // *Прикладная информатика*. 2013. №. 6 (48).

**Бондаренко и др., 1979** – Бондаренко П.М., Юдин В.С., Дементьев В.Н. Комплексное дешифрирование космических снимков с целью исследования морфологии и генезиса разломных ассоциаций Сибири // В кн. Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск.: СО АН СССР, ИГИГ, ВЦ СО АН СССР, 1979, С. 143–158.

**Воробьев и др., 1976** – Воробьев Е.И. и др. Предварительные результаты медицинских исследований, выполненных во время полета второй экспедиции орбитальной станции «Салют-4» // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1976. Т. 10. №. 5. С. 3-18.

**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.

**Докукин и др., 2009** – Докукин П.А., Алексеева Е.В., Змызгов А.А. Исследование геодинимических процессов по спутниковым измерениям в локальной геодезической сети // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2009. №. 12. С. 63-71.

**Как Россия запускала...** – Как Россия запускала первый «Салют» [Электронный ресурс]. URL: <http://nrnews.ru/news/pozdravlaem/72997-kak-rossiya-zapuskala-pervyy-salyut.html> (дата посещения: 12.01.2019).

**Киенко, 1999** – Киенко Ю.П. Основы космического природоведения. М.: «Картоцентр» «Геодезиздат», 1999. 285 с.

**Коверзнев, Сурков, 2006** – Коверзнев Е.А., Сурков Д.М. Анализ надежности связи в системе КОСПАС-САРСАТ // *Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации*. 2006. №. 99.

**Кузнецов и др., 2007** – Кузнецов В.Д., Болдырев С.И., Зайцев А.В. Прогноз космической погоды в околоземном пространстве // *Научная сессия МИФИ*. 2007. Т. 7. С. 29-31.

**Куприянов, Цветков, 2016** – Куприянов А.О., Цветков В.Я. Применение ГНСС в прикладной геоинформатике // *Образовательные ресурсы и технологии*. 2016. 1(13). С. 135-144.

**Лазарев, 1987** – Лазарев А.И., Коваленок В.В., Даминова Т.А., Вилманн Ч.И. Наблюдения рельефа дна морей и океанов из космоса // *Известия АН ЭССР. Физика. Математика*. Т. 36. 1987. №4. С. 398–404.

**Лазарев, Савиных, 1996** – Лазарев А.И., Савиных В.П. Достижения отечественной космонавтики в изучении окружающей среды. СПб, Гидрометеиздат, 1996. 192 с.

**Лазарев, Савиных, 1997** – Лазарев А.И., Савиных В.П. Серебристые облака: взгляд из космоса. СПб. Гидрометеиздат, 1997. 90 с.

**Лебединец, Курбаимуратов, 1992** – Лебединец В.Н., Курбаимуратов О. Роль кометного и метеоритного вещества в генезисе серебристых облаков // *Астрономический вестник*. 1992. Т.26, №5. С. 83-92.

**Ломов, Самсонов, 1979** – Ломов Б.Ф., Самсонов Н.Д. Психологические проблемы космических полетов: сборник. М.: Наука, 1979.

**Маров, 2005** – Маров М.Я. Малые тела солнечной системы и некоторые проблемы космогонии // *Успехи физических наук*. 2005. Т. 175. №. 6. С. 668-678.

**Парин и др., 1975** – Парин В.В., Космолинский Ф.П., Душков Б.А. Космическая биология и медицина / Издание 2-е, исправленное и дополненное. М.: Просвещение, 1975. 223 с.

**Парин, 1967** – Парин В.В. Очерки по космической физиологии. М.: Медицина, 1967.

**Полежаев, Сазонов, 2009** – Полежаев В.И., Сазонов В.В. Механика невесомости и гравитационно-чувствительные системы // *Препринт ИПМ им. АЮ Ишлинского РАН*. 2009. №. 898.

- Прохоров, 2013 – Прохоров Ю. О перспективах развития спутниковой орбитальной группировки ФГУП “Космическая связь” // *Технологии и средства связи*. 2013. №. 6-2. С. 14-16.
- Розенбер и др., 2013 – Розенберг И.Н., Цветков В.Я., Романов И.А. Управление железной дорогой на основе спутниковых технологий // *Государственный советник*. 2013. №4. С. 43-50.
- Савиных, 2015 – Савиных В.П. О космической и земной геоинформатике // *Перспективы науки и образования*. 2015. №5. С. 21-26.
- Савиных, 2017 – Савиных В.П. Записки с «мертвой» станции. М.: Эксмо. 2017. 256 с.
- Савиных, Цветков, 2001 – Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. М.: Картоцентр-Геодезиздат, 2001. 224 с.
- Савиных, Цветков, 2008 – Савиных В.П., Цветков В.Я. Спутниковые системы связи // *Российский космос*. 2008. №. 10. С. 24-27.
- Савиных, Цветков, 2012 – Савиных В.П., Цветков В.Я. Сравнительная планетология. М.: МИИГАиК, 2012. 84 с.
- Сиротин, 2009 – Сиротин В.И. Сравнительная планетология: учебное пособие // Воронеж: Издательский полиграфический центр Воронежского государственного университета. 2009.
- Соловьёв, 2013 – Соловьёв В.А. Управление космическими полетами // *Земля и Вселенная*. 2013. №. 6. С. 3-14.
- Цветков, 2016 – Цветков В.Я. Фактофиксирующие и интерпретирующие модели // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. №9-3. С. 487-487.
- Шилкин, 1979 – Шилкин А.Н. Использование космических снимков для решения задач нефтяной геологии // В кн. Развитие и использование аэрокосмических методов изучения природных явлений и ресурсов. Новосибирск.: СО АН СССР, ИГИГ, ВЦ СО АН СССР, 1979, С. 123-142.
- Шустов, Рыхлова, 2010 – Шустов Б.М., Рыхлова Л.В. Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра // М.: Физматлит. 2010. Т. 384.
- Энеев, 2005 – Энеев Т.М. Актуальные задачи исследования дальнего космоса // *Космические исследования*. 2005. Т. 43. №. 6. С. 403-407.
- Ярилин, 1988 – Ярилин А.А. Действие ионизирующей радиации на лимфоциты (повреждающий и активирующий эффекты) // *Иммунология*. 1988. Т. 26. №. 5. С. 5-11.
- Barmin et al., 2014 – Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Near\_Earth Space as an Object of Global Monitoring // *Solar System Research*. 2014. Vol. 48, No. 7, pp. 531-535.
- Bondur et al., 2015 – Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // *European Journal of Technology and Design*, 2015, 4. Vol. 10, Is. 4, pp. 118-126.
- Dow et al., 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. pp. 191-198.
- Frank et al., 1986 – Frank L.A. et al. (1986). On the influx of small comets into the Earth's upper atmosphere. II. Interpretation // *Geophys. Res. Lett.* V.13. №4. pp. 307-310.
- Groves, 2013 – Groves P.D. Principles of GNSS, inertial, and multisensor integrated navigation systems. Artech house, 2013.
- Kulagin, 2017 – Kulagin V.P. Monitoring of Dangerous Space Bodies // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2017. 3(1). pp. 4-12.
- Tsvetkov, 2016 – Tsvetkov V.Ya. The Problem of Asteroid-Comet Danger // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2016, Vol. 2, Is. 1, pp. 33-40.
- Tsvetkov, 2017 – Tsvetkov V.Ya. The Logarithmic Measure the Orbits of the Planets of the Solar System // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2017. 3(1). pp. 41-46.

## References

- Akopov i dr., 2004 – Akopov G.A., Semenov V.T., Churkin A.L. (2004). Zadachi, reshaemye kosmicheskim apparatom "Meteor-M" po monitoringu Zemli i okolozemnogo kosmicheskogo prostranstva [Problems solved by the spacecraft "Meteor-M" for monitoring the Earth and near-Earth space]. *Solnechno-zemnaya fizika*. №. 5. pp. 40-42. [in Russian]

- Al'ven, 1983** – *Al'ven Kh.* (1983). *Kosmicheskaya plazma [Cosmic plasma]: Per. s angl. M.: Mir.* [in Russian]
- Artyushenko, Kucherov, 2013** – *Artyushenko V.M., Kucherov B.A.* (2013). Informatizatsiya upravleniya gruppировkoi kosmicheskikh apparatov [Informatization of spacecraft grouping control]. *Prikladnaya informatika.* № 6 (48). [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.* Vol. 48, No. 7, pp. 531–535.
- Bondarenko i dr., 1979** – *Bondarenko P.M., Yudin V.S., Dement'ev V.N.* (1979). Kompleksnoe deshifrirovaniye kosmicheskikh snimkovs tsel'yu issledovaniya morfologii i genezisa razlomnykh assotsiatsii Sibiri [Complex interpretation of satellite images with the aim of studying the morphology and genesis of faulting associations of Siberia]. V kn. *Razvitie i ispol'zovanie aerokosmicheskikh metodov izucheniya prirodnykh yavlenii i resursov.* Novosibirsk.: SO AN SSSR, IGIG, VTs SO AN SSSR, pp. 143–158. [in Russian]
- Bondur et al., 2015** – *Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya.* (2015). New Scientific Direction of Space Geoinformatics. *European Journal of Technology and Design,* 4. Vol. 10, Is. 4, pp. 118-126.
- Dokukin i dr., 2009** – *Dokukin P.A., Alekseeva E.V., Zmyzgov A.A.* (2009). Issledovanie geodinamicheskikh protsessov po sputnikovym izmereniyam v lokal'noi geodezicheskoi seti [Study of geodynamic processes by satellite measurements in a local geodetic network]. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'.* №. 12. pp. 63-71. [in Russian]
- Dow et al., 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. pp. 191-198.
- Eneev, 2005** – *Eneev T.M.* (2005). Aktual'nye zadachi issledovaniya dal'nego kosmosa [Actual problems of deep space research]. *Kosmicheskije issledovaniya.* T. 43. №. 6. pp. 403-407. [in Russian]
- Frank et al., 1986** – *Frank L.A. et al.* (1986). On the influx of small comets into the Earth's upper atmosphere. II. Interpretation. *Geophys. Res. Lett.* V.13. №4. pp. 307-310.
- 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]
- Groves, 2013** – *Groves P.D.* (2013). Principles of GNSS, inertial, and multisensor integrated navigation systems. Artech house.
- Kak Rossiya zapuskala...** – *Kak Rossiya zapuskala pervyi «Salyut» [How Russia launched the first “Salyut”].* [Elektronnyi resurs]. URL: <http://nrnews.ru/news/pozdravlaem/72997-kak-rossiya-zapuskala-pervyy-salyut.html> (data poseshcheniya: 12.01.2019). [in Russian]
- Kienko, 1999** – *Kienko Yu.P.* (1999). *Osnovy kosmicheskogo prirodovedeniya [Fundamentals of space science].* M.: «Kartotsentr» «Geodezizdat». 285 p. [in Russian]
- Koverznev, Surkov, 2006** – *Koverznev E.A., Surkov D.M.* (2006). Analiz nadezhnosti svyazi v sisteme KOSPAS-SARSAT [Analysis of the reliability of communication in the KOSPAS-SARSAT system]. *Nauchnyi vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoi aviatsii.* №. 99. [in Russian]
- Kulagin, 2017** – *Kulagin V.P.* (2017). Monitoring of Dangerous Space Bodies. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 3(1). pp. 4-12.
- Kupriyanov, Tsvetkov, 2016** – *Kupriyanov A.O., Tsvetkov V.Ya.* (2016). Primeneniye GNSS v prikladnoi geoinformatike [Application of GNSS in applied geoinformatics]. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii.* 1(13). pp. 135-144. [in Russian]
- Kuznetsov i dr., 2007** – *Kuznetsov V.D., Boldyrev S.I., Zaitsev A.V.* (2007). Prognoz kosmicheskoi pogody v okolozemnom prostranstve [Space weather forecast in near-earth space]. *Nauchnaya sessiya MIFI.* T. 7. pp. 29-31. [in Russian]
- Lazarev, 1987** – *Lazarev A.I., Kovalenok V.V., Daminova T.A., Vilmann Ch.I.* (1987). Nablyudeniya rel'efa dna morei i okeanov iz kosmosa [Observations of the relief of the bottom of seas and oceans from space]. *Izvestiya AN ESSR. Fizika. Matematika.* T. 36. №4. pp. 398–404. [in Russian]

- Lazarev, Savinykh, 1996 – Lazarev A.I., Savinykh V.P. (1996). Dostizheniya otechestvennoi kosmonavtiki v izuchenii okruzhayushchei sredy [Achievements of the national astronautics in the study of the environment]. SPb, Gidrometeoizdat. 192 p. [in Russian]
- Lazarev, Savinykh, 1997 – Lazarev A.I., Savinykh V.P. (1997). Serebristye oblaka: vzglyad iz kosmosa [Noctilucent clouds: a view from space]. SPb. Gidrometeoizdat. 90 p. [in Russian]
- Lebedinets, Kurbaimuratov, 1992 – Lebedinets V.N., Kurbaimuratov O. (1992). Rol' kometnogo i meteoritnogo veshchestva v genezise serebristyykh oblakov [The role of cometary and meteoritic matter in the genesis of noctilucent clouds]. *Astronomicheskii vestnik*. T.26, №5. pp. 83-92. [in Russian]
- Lomov, Samsonov, 1979 – Lomov B.F., Samsonov N.D. (1979). Psikhologicheskie problemy kosmicheskikh poletov: sbornik [Psychological problems of space flight: a collection]. M.: Nauka. [in Russian]
- Marov, 2005 – Marov M.Ya. (2005). Malye tela solnechnoi sistemy i nekotorye problemy kosmogonii [Small bodies of the solar system and some problems of cosmogony]. *Uspekhi fizicheskikh nauk*. T. 175. №. 6. pp. 668-678. [in Russian]
- Parin i dr., 1975 – Parin V.V., Kosmolinskii F.P., Dushkov B.A. (1975). Kosmicheskaya biologiya i meditsina [Space biology and medicine]. Izdanie 2-e, ispravlennoe i dopolnennoe. M.: Prosveshchenie. 223 p. [in Russian]
- Parin, 1967 – Parin V.V. (1967). Ocherki po kosmicheskoi fiziologii [Essays on space physiology.]. M.: Meditsina. [in Russian]
- Polezhaev, Sazonov, 2009 – Polezhaev V.I., Sazonov V.V. (2009). Mekhanika nevesomosti i gravitatsionno-chuvstvitel'nye sistemy [Weightless mechanics and gravity-sensitive systems]. Preprint IPM im. AYu Ishlinskogo RAN. №. 898. [in Russian]
- Prokhorov, 2013 – Prokhorov Yu. (2013). O perspektivakh razvitiya sputnikovoi orbital'noi gruppировki FGUP "Kosmicheskaya svyaz" [On the prospects for the development of the satellite orbital constellation of the Federal State Unitary Enterprise "Space Communications"]. *Tekhnologii i sredstva svyazi*. №. 6-2. pp. 14-16. [in Russian]
- Rozenber i dr., 2013 – Rozenberg I.N., Tsvetkov V.Ya., Romanov I.A. (2013). Upravlenie zheleznoi dorogoi na osnove sputnikovyykh tekhnologii [Management of the railway on the basis of satellite technologies]. *Gosudarstvennyi sovetnik*. №4. pp. 43-50. [in Russian]
- Savinykh, 2015 – Savinykh V.P. (2015). O kosmicheskoi i zemnoi geoinformatike [About space and earth geoinformatics]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya*. №5. pp. 21-26. [in Russian]
- Savinykh, 2017 – Savinykh V.P. (2017). Zapiski s «mertvoi» stantsii [Notes from the "dead" station]. M.: Eksmo. 256 p. [in Russian]
- Savinykh, Tsvetkov, 2001 – Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2001). Geoinformatsionnyi analiz dannykh distantsionnogo zondirovaniya [Geoinformational analysis of remote sensing data]. M.: Kartotsentr-Geodezizdat. 224 p. [in Russian]
- Savinykh, Tsvetkov, 2008 – Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2008). Sputnikovye sistemy svyazi [Satellite communication systems]. *Rossiiskii kosmos*. №. 10. pp. 24-27. [in Russian]
- Savinykh, Tsvetkov, 2012 – Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2012). Sravnitel'naya planetologiya [Comparative planetology]. M.: MIIGAiK. 84 p. [in Russian]
- Shilkin, 1979 – Shilkin A.N. (1979). Ispol'zovanie kosmicheskikh snimkov dlya resheniya zadach neftyanoi geologii [The use of satellite imagery to solve problems of petroleum geology]. V kn. Razvitie i ispol'zovanie aerokosmicheskikh metodov izucheniya prirodnykh yavlenii i resursov. Novosibirsk.: SO AN SSSR, IGIG, VTs SO AN SSSR, pp. 123–142. [in Russian]
- Shustov, Rykhlova, 2010 – Shustov B.M., Rykhlova L.V. (2010). Asteroidno-kometnaya opasnost': vchera, segodnya, zavtra [Asteroid-comet hazard: yesterday, today, tomorrow]. M.: Fizmatlit. T. 384. [in Russian]
- Sirotin, 2009 – Sirotin V.I. (2009). Sravnitel'naya planetologiya: uchebnoe posobie [Comparative planetology: study guide]. Voronezh: Izdatel'skii poligraficheskii tsentr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. [in Russian]
- Solov'ev, 2013 – Solov'ev V.A. (2013). Upravlenie kosmicheskimi poletami [Space Flight Control]. *Zemlya i Vselennaya*. №. 6. pp. 3-14. [in Russian]
- Tsvetkov, 2016 – Tsvetkov V.Ya. (2016). Faktifiksiruyushchie i interpretiruyushchie modeli [Factor-fixing and interpreting models]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. №9-3. pp. 487-487. [in Russian]



**Tsvetkov, 2016** – Tsvetkov V.Ya. (2016). The Problem of Asteroid-Comet Danger. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. Vol. 2, Is. 1, pp. 33-40.

**Tsvetkov, 2017** – Tsvetkov V.Ya. (2017). The Logarithmic Measure the Orbits of the Planets of the Solar System. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 3(1). pp. 41-46.

**Vorob'ev i dr., 1976** – Vorob'ev E.I. i dr. (1976). Predvaritel'nye rezul'taty meditsinskikh issledovaniy, vypolnennykh vo vremya poleta vtoroi ekspeditsii orbital'noi stantsii «Salyut-4» [Preliminary results of medical research performed during the flight of the second expedition of the Salyut-4 orbital station]. *Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina*. T. 10. №. 5. pp. 3-18. [in Russian]

**Yarilin, 1988** – Yarilin A.A. (1988). Deistvie ioniziruyushchei radiatsii na limfotsity (povrezhdayushchii i aktiviruyushchii efekty) [Effect of ionizing radiation on lymphocytes (damaging and activating effects)]. *Immunologiya*. T. 26. №. 5. pp. 5-11. [in Russian]

## Эволюция программы космических исследований «Салют»

Виктор Петрович Савиных <sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup>Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Российская Федерация

**Аннотация.** Статья описывает эволюцию программы орбитальных научных исследований. Рассмотрена программа «Салют». Описаны конструктивные особенности орбитальных станций. Описано конструктивное развитие орбитальных станций. Статья раскрывает содержание научных программ космических исследований. Выделены фундаментальные и прикладные научные исследования, проводимые с помощью космических технологий. Детализированы некоторые прикладные программы. Отмечено направление исследования человека в космосе. Раскрыто содержание новых наук связанных с освоением космоса: космической геодезии и космической геоинформатики.

**Ключевые слова:** космические исследования, космические станции, программа «Салют», дистанционное зондирование.

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [president@miigaik.ru](mailto:president@miigaik.ru) (В.П. Савиных)

Copyright © 2018 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  
 2018, 4(1): 34-41

DOI: 10.13187/rjar.2018.4.34  
[www.ejournal28.com](http://www.ejournal28.com)



## The Development of the Direction "Comparative Planetology"

Viktor Ya. Tsvetkov <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Research and Design Institute of design information, automation and communication on railway transport, Moscow, Russian Federation

### Abstract

The article explores the features and state of comparative planetology as a complex of scientific disciplines related to space exploration. The components of this scientific direction are shown. The integration aspect of discipline is shown. The main tasks solved by comparative planetology are revealed. The transformation of many earth sciences into the field of space research is noted. It is shown that the previous stages of comparative planetology focused on geology. At present, the geodetic and geometric factors play an important role in comparative planetology. The systematics of the orbits of the planets of the Solar system is performed within the framework of the comparative planetology approach. It is revealed that the orbit of the planet Earth is artificial in relation to other orbits.

**Keywords:** space research, planetology, comparative planetology, systematics, integration of sciences, modeling.

### 1. Введение

Сравнительная планетология является достаточно древней наукой, но в последние 80 лет в ней произошли качественные преобразования, обусловленные следующими причинами: запуск космических аппаратов и освоение космического пространства; развитие новых технических и технологических средств освоения пространства; трансформация многих земных наук в космическую область; развитие методов вычислительной обработки и моделирования. Сравнительная планетология по названию связана с планетами, но фактически обобщает и разрабатывает методы анализа и решения задач по изучению не только планет и планетного пространства, но и всего космического пространства. При развитии сравнительной планетологии интенсивно используются науки о Земле (Young, 1973; Chahine, 2010) для изучения внешнего пространства. Пожалуй, это и служит основанием названия данной науки. Человечество длительное время не имело возможности прямых космических исследований и измерений. Эти измерения носили сравнительный с земными моделями и науками характер. Наука, построенная в основном на основе сравнительных методов и получила название сравнительная планетология. Сравнительная планетология использует специфические термины «планетное пространство» и «межпланетное пространство», хотя по существу это пространство есть часть космического пространства. Здесь можно провести аналогию с геопространством. Геопространство часть пространства, которое связывают с Землей. Планетное или межпланетное пространство

\* Corresponding author  
 E-mail addresses: [cvj2@mail.ru](mailto:cvj2@mail.ru) (V.Ya. Tsvetkov)

связывают с планетами, находящимися в нем. При этом часто такое пространство упрощают до пространства планет Солнечной системы.

## **2. Обсуждение Особенности развития**

Базовой наукой для сравнительной планетологии является планетология. Планетологию связывают с древнегреческим философом Демокритом, который говорил: «Существует безграничное множество миров, различающихся по размеру и в некоторых из них нет ни Солнца, ни Луны, в то время как в других их больше, чем у нас и они больше по размеру. Промежутки между мирами не созданы равными, здесь они больше, там меньше, некоторые из них растут, другие процветают, третьи распадаются, здесь они рождаются, там умирают, уничтожаются при столкновении друг с другом». Разумеется, это не более чем гипотеза для того времени и является примером «наивной картины мира». Затем планетология развивалась в тесном содружестве с астрономией. Астрономия давала метод исследования планетология была направлена на объект исследования. Этапом планетологии стали оптические наблюдения. Итальянский астроном Галилео Галилей в 1609 году открыл четыре крупнейших спутника Юпитера с помощью телескопического наблюдения. С помощью телескопических наблюдений были открыты горы на Луне, кольца Сатурна и многое другое.

Планетология определяется как комплекс наук (Young, 1973; Chahine, 2010), изучающих: планеты, спутники планет, Солнечную систему и другие планетные системы. Сфера её исследования включает в себя разные объекты, от микрометеоритов до газовых гигантов. Планетология изучает физические свойства, химический состав, строение поверхности, внутренних и внешних оболочек планет и их спутников, а также условия их формирования и развития.

В России была организована лаборатория Сравнительной Планетологии в 1967 г. инициативой Академиком А.П. Виноградова и Г.И. Петрова как часть Института Космического исследования Академии СССР Наук и возглавлялась К.П. Флоренским (Florenskii, 1981). В 1975 лаборатория была перемещена в Институт Геохимии и Аналитической Химии Академии Наук СССР. В 1984 из-за расширения научных тем лаборатории, это было переименовано в Лабораторию Сравнительной Планетологии и Метеоритов. В 1987 был организован сектор Внеземного веществ, как часть лаборатории. В 2000 этот сектор был реорганизован в отдельную лабораторию. Часть лаборатории возвратилась к ее предыдущему названию: Лаборатория Сравнительной Планетологии. В настоящее время сравнительной планетологией занимаются многие организации разных стран мира и проходят международные конгрессы на эту тематику (Markov, 1984).

### **Содержательная направленность сравнительной планетологии.**

Парадоксом сравнительной планетологии является то что, несмотря на ее название, методы сравнительного анализа и качественного анализа в ней явно не выделены и применяются косвенно. Но, несмотря на это, следует определить базовые объекты или базовые системы, которые де-факто применяют в сравнительной планетологии.

Несмотря на значительное развитие сравнительной планетологии, основным объектом сравнения или первой системой сравнения является Земля. Она наиболее изученная планета, на которой можно провести различные исследования и проверки гипотез. Использование опыта исследования Земли больше всего распространены в таких науках как планетарная геология, геоморфология и науки об атмосфере. Сравнительная планетология переносит методы наук о Земле (геоинформатика, геодезия, геодинамика, фотограмметрия, картография) для других планет и объектов Солнечной системы. Многие науки о Земле служат основой изучения других планет и космических объектов.

Длительное время содержательную основу сравнительной планетологии составляли геологическая компонента (Glass, 1982; Lowman, 1978; King, 1976). В сравнительной планетологии широко представлены эмпирические методы исследования планет (Bibring, 2005; Taylor, 2011; Tsvetkov, 2017). Сравнительная планетология изучает состояние и развитие малых небесных тел (Matson, 1976; Tsvetkov, 2016; Kulagin, 2017). Областью исследования сравнительной планетологии становится поиск жизни в космическом пространстве (Beichman, 2006; Bean, 2017) и «землеподобных» планет (Kuchner, 2005).

В связи появлением научных направлений космическая геодезия (Jin et al., 2013) и космическая геоинформатика (Bondur, Tsvetkov, 2015) число компонент сравнительной планетологии возросло.

Второй системой сравнения в сравнительной планетологии является Солнечная система. Пространство солнечной системы с системных позиций может быть рассмотрено как сложная система. Оно служит «надсистемой» для земного и околоземного пространства. Отсюда вытекает необходимость применения методов системного анализа в сравнительной планетологии и при исследовании космического пространства (Bondur et al., 2015).

Сложность проведения натуральных экспериментов мотивирует широкое применение в сравнительной планетологии различных видов моделирования: формальное, аналоговое, картографическое, компьютерное, стохастическое. В частности, в последнее время широко применяется виртуальное моделирование. Это приводит к необходимости развития новых видов моделирования и даже бесконтактного измерения.

Особенность сравнительной планетологии состоит в том, что она по существу трансформировалась в научный комплекс, а не сводится к одной узкой науке. Сравнительная планетология определяется как комплекс наук, изучающих: планеты, спутники планет, Солнечную систему и другие планетные системы. Сфера её исследования включает в себя объекты, от микрометеоритов до газовых гигантов. Планетология метод исследования изучает физические свойства, химический состав, строение поверхности, внутренних и внешних оболочек планет и их спутников, а также условия их формирования и развития.

Планетология как научная дисциплина интегрирует множество дисциплин: планетарная геология (вместе с геохимией и геофизикой), физическая география (геоморфология и картография, применительно к планетам), атмосферные науки, теоретическая планетология и исследование экзопланет (Bean, 2017). Ряд дисциплин связан со сравнительной планетологией, например, физика космоса, астробиология и науки изучающие влияние Солнца на планеты солнечной системы.

Основа сравнительной планетологии формируется рядом наук: геология и космическая геология, астрономия и геодезическая астрономия, космическая геодезия (Jin et al., 2013), геоинформатика (Bondur, Tsvetkov, 2015) и дистанционное зондирование земли и системный анализ. Как приложение сравнительной планетологии развивается глобальный космический мониторинг. Кроме того существенно развивается информационная поддержка данного направления. Проблема больших данных, озвученная в 2005, существовала в сравнительной планетологии очень давно. Здесь следует отметить, что в проблему больших данных включают не только большие объемы информации, но и информацию плохо структурированную и не систематизированную. Именно такой тип информации встречается в сравнительной планетологии. В связи с появлением проблемы больших данных существенно расширились методы анализа информации, что благоприятно сказывается на развитии сравнительной планетологии. Это делает сравнительную планетологию интеграционной наукой и требует для ее освоения изучения ряда вспомогательных дисциплин и направлений.

Одним из инструментов поддержки и источником информации для сравнительной планетологии является глобальный мониторинг. Понятием «глобализация» различные авторы обозначают широкий спектр явлений и тенденций. Глобальный мониторинг – это мониторинг глобальных процессов, протекающих как на земной поверхности, так и в околоземном пространстве и за пределами околоземного пространства. Основой глобального мониторинга является космический мониторинг (Høye, 2008; Savinych, 2017), интегрированный с геоинформационным мониторингом. Геоинформационный мониторинг интегрирует многие технологии разных видов мониторинга. В силу его интеграционных свойств он становится основой глобального космического мониторинга. При этом технологии и обработки информации меняются мало. Изменяется область мониторинга и типы обрабатываемых данных. Однако главной информацией остается пространственная информация, как в космическом мониторинге так и в геоинформационном. Спецификой космического мониторинга является использование дистанционных методов наблюдений Земли которые в случае глобального мониторинга применяют в космическом пространстве.

В сравнительной планетологии существует достаточно большое количество терминов и наук, связанных с Землей, хотя речь идет о других планетах. Например, геоинформатика имеет развитие в виде космической информатике. Существует география внеземных территорий (Савиных, 2009). География: (др. греч. γεωγραφία, землеописание, от γῆ — Земля и γράφω — пишу, описываю). География внеземных территорий звучит как «землеописание внеземных территорий». Вполне уместно вместо термина «география внеземных территорий» использовать термин «планетография» и «космография», что уже делают отдельные ученые. То же самое относится к космической геодезии. Во внешнем космическом пространстве нет Земли. Но подходящего термина пока не подобрали. Напрашивается термин для науки, измеряющей другие планеты, ввести термин «планетометрия» по аналогии с геометрией.

### **Геометрические сравнения**

Редко используют выражение пространственное сравнение, поскольку оно часто имеет качественную характеристику. Для точных метрических сравнений используют термин геометрическое сравнение, имея в виду количественное сравнение. Сравнительная планетология дает основания сравнивать закономерности в различных планетных конфигурациях. Солнечная система — планетная система, которая включает Солнце и все естественные космические объекты, вращающиеся вокруг неё. Солнечная система входит в состав галактики Млечный Путь. Система включает восемь планет и объекты, называемые малыми телами солнечной системы. С позиций системного анализа Солнечная система — это модель сложной системы, обладающая системными признаками.

Солнечную систему разделяют на условные зоны. Внутренняя зона Солнечной системы включает четыре планеты земной группы и пояс астероидов. Внешняя часть начинается за пределами пояса астероидов и включает четыре газовых гиганта (An Overview..., 2016). После открытия пояса Койпера наиболее удалённой частью Солнечной системы считают регион, состоящий из объектов, расположенных дальше Нептуна (An Overview..., 2016). Четыре (внутренние) планеты: Меркурий, Венера, Земля и Марс — называют планетами земной группы. Четыре (внешние) планеты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун — называют газовыми гигантами и они намного массивнее, чем планеты земной группы.

В Солнечной системе имеются две области, заполненные малыми телами. Первая область — пояс астероидов, находящийся между Марсом и Юпитером, сходен по составу с планетами земной группы, поскольку состоит из силикатов и металлов. Вторую область образуют объекты пояса Койпера. Пояс Койпера — область Солнечной системы от орбиты Нептуна (30 а.е. от Солнца) до расстояния около 55 а.е. от Солнца (Woolfson, 2000). Пояс Койпера примерно в 20 раз шире и в 20—200 раз массивнее пояса астероидов. Как и пояс астероидов, он состоит в основном из малых тел, оставшихся после формирования Солнечной системы.

Систематика структуры Солнечной системы использует размерный критерий близости к Солнцу. В этой структуре положения небесного тела оценивается по расположению к Солнцу. В качестве меры расстояния и систематики орбитальной Солнечной системы используют метрическую единицу, которую называют астрономической. В качестве такой условной единицы взято расстояние от Солнца до Земли примерно 149,6 млн. км.

Любая пространственная система создается по принципу однородности и устойчивости свойств элементов системы или закономерности в их расположении. Используя сравнительный метод, исследуем систематизацию орбит планет Солнечной системы. При систематизации орбит планет Солнечной системы за основу была взята астрономическая единица, а систематика выполнена в линейных мерах удаления от Солнца. Результаты исследования представлены в Таблице 1. В ней даны условные (сравнительные) представлены радиусы (R) орбит разных планет и их номер или порядок по мере удаления о Солнца.

**Таблица 1.** Орбиты планет, выраженные в радиусах разных плане

N	R →	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
1	Меркурий	1	0,5	0,2	0,25	0,07	0,0	0,020	0,013
2	Венера	1,9	1,00	0,6	0,47	0,14	0,1	0,037	0,024
3	Земля	2,6	1,4	1	0,66	0,19	0,1	0,052	0,033
4	Марс	4,0	2,1	1,9	1,00	0,29	0,2	0,079	0,051
5	Юпитер	13,7	7,2	11,9	3,42	1	0,5	0,271	0,173
6	Сатурн	25,1	13,3	29,5	6,28	1,83	1,0	0,496	0,317
7	Уран	50,6	26,7	84,0	12,64	3,70	2,0	1,000	0,639
8	Нептун	79,1	41,8	164,8	19,78	5,78	3,2	1,564	1,000
9	ККор.	0,88 6	0,886	0,821	0,886	0,886	0,886	0,886	0,886
10	Регресс.	10,3 2	5,4	19,81	2,58	0,75	0,41	0,20	0,13

Например, в столбце Меркурий единица соответствует радиусу орбиты Меркурия и все остальные планетарные орбиты измеряются в этой единице. В столбце Нептун единица соответствует радиусу орбиты Нептуна и все остальные орбиты планет измеряются в этой единице. Естественно, что наибольшие значения в столбце Меркурий и наименьшие значения в столбце Нептун.

В строке 9 вычислены коэффициенты корреляции (ККор) между радиусами орбит (R) и номером планеты (N) от 1 до 8. Наличие большого коэффициента корреляции говорит о наличии связи или закономерности. Одинаковый коэффициент корреляции для разных мер говорит об устойчивости единой закономерности расположения и ее независимости от выбранной линейной меры измерения орбит.

Для всех планет коэффициент корреляции (N/R) (строка 9) одинаков, за исключением планеты Земля. Это говорит о том, что в расположении всех планет существует систематика, за исключением планеты Земля. Выпадает астрономическая единица как естественная мера измерения по отношению к другим радиусам орбит. Радиус планеты Земля выпадает из общей системы радиусов планет Солнечной системы.

Это дает основание предполагать, что расположение Земли по отношению к Солнцу искусственное, в то время как расположение всех других планет по отношению к Солнцу - естественное.

Несложный расчет показывает, что для естественного положения орбиты планеты Земля она должна быть смещена от Солнца на 0.996 млн км или на 0.64 % по отношению к текущему радиусу. Такая аномалия орбиты планеты дает основание считать, что эта орбита либо искусственная, либо смещена, в силу какого-то космического взаимодействия.

Одной из гипотез является та, что Луна искусственное тело, которое прилетев в Солнечную систему сбilo орбиту Земли и расположилась рядом с ней. В пользу этого говорит то, что планету Земля часто считают двойной (Savinych, 2016), так как ее естественный спутник Луна по своим размерам и строению мало, чем отличается от других планет земной группы. В Солнечной системе двойных планет нет, следовательно, Луна искусственный спутник.

### 3. Заключение

Сравнительная планетология как наука в системе наук помогает формировать картину мира. Познавательный аспект сравнительной планетологии состоит в том, что она помогает

получать и формировать пространственное знание и космическое знание (Savinych, 2016). Термин пространственные знания возник в области искусственного интеллекта (Kuipers, 1978). С 90-х годов он устойчиво применяется в геоинформатике. В сравнительной планетологии это направление пока представлено относительно слабо. Сравнительная планетология переносит методы земных наук для изучения пространства. Не без ее влияния многие земные науки получили обозначение «космические», хотя имеют в своем составе приставку «гео». Это говорит о том, что эволюция человечества выходит за рамки Земли и земные науки являются посредником в освоении более обширного пространства по сравнению с земным пространством. Точно также сравнительная планетология изучает не только планеты солнечной системы, но и все небесные тела которые находятся или входят в Солнечную систему и даже находятся за ее пределами. В рамках эволюции наук сравнительная планетология может быть определена как наука о пространстве или как комплекс наук о пространстве. Контекстно сравнительная планетология помогает исследовать проблемы развития человечества в постановке Пьера Тейяра де Шардена (Jin et al., 2013) и эволюции планеты Земля. В настоящий момент эта наука находится в стадии обновления. Прежде всего, за счет методов геодезии и геоинформатики. Изучение этой дисциплины сопряжено с необходимостью включения разделов из многих смежных областей.

### Литература

- Пантелеев, 2001 – Пантелеев В.Л. Физика Земли и планет. М.: МГУ им. МВ Ломоносова. 2001. 89 с.
- Савиных, 2009 – Савиных В.П., Смирнов Л.Е., Шингарева К.Б. География внеземных территорий. М.: «Дрофа», 2009. 256 с.
- Тейяр де Шарден, 1987 – Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М.: Наука, 1987. 240 с.
- An Overview..., 2016 – An Overview of the Solar System. The Nine Planets [Electronic resource]. URL: <http://nineplanets.org/overview.html> Data view 09.12.2018
- Bean, 2017 – Bean J.L., Abbot D.S., Kempton E.M.R. A statistical comparative planetology approach to the hunt for habitable exoplanets and life beyond the solar system // *The Astrophysical Journal Letters*. 2017. Т. 841. №. 2. P. L24.
- Beichman, 2006 – Beichman C. A. et al. Comparative planetology and the search for life beyond the solar system. 2006. [Electronic resource]. URL: arXiv preprint astro-ph/0601469
- Bibring, 2005 – Bibring J.P. Comparative planetology, Mars and exobiology // *Lectures in astrobiology*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005. pp. 353-383.
- Bondur et al., 2015 – Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. System Analysis in Space Research // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2015. Vol. 1, Is. 1, pp. 4-12. DOI: 10.13187/rjar.2015.1.4.
- Bondur, Tsvetkov, 2015 – Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // *European Journal of Technology and Design*, 2015, Vol. 10, Is. 4, pp. 118-126. DOI: 10.13187/ejtd.2015.10.118
- Chahine, 2010 – Chahine M.T. et al. Comparative Planetology with an Earth Perspective. Springer Netherlands, 2010.
- Florenskii, 1981 – Florenskii K.P. et al. Sketches on comparative planetology. Moscow Izdatel Nauka. 1981. 326 p.
- Glass, 1982 – Glass B.P. Introduction to planetary geology // Cambridge, Cambridge University Press, 1982, 477 p.
- Høyе, 2008 – Høyе G.K. et al. Space-based AIS for global maritime traffic monitoring // *Acta Astronautica*. 2008. Т. 62. №. 2-3. pp. 240-245.
- Jin et al., 2013 – Jin S., Van Dam T., Wdowinski S. Observing and understanding the Earth system variations from space geodesy // *Journal of Geodynamics*. 2013. Т. 72. pp. 1-10.
- King, 1976 – King E.A. Space geology: an introduction // New York, John Wiley and Sons, Inc., 1976. 361 p.
- Kuchner, 2005 – Kuchner M.J. General astrophysics and comparative planetology with the Terrestrial Planet Finder missions, 2005. [Electronic resource]. URL: arXiv preprint astro-ph/0505102
- Kuipers, 1978 – Kuipers Benjamin. Modeling Spatial Knowledge // *Cognitive Science*. 1978. №2. pp. 129-153.

- Kulagin, 2017** – *Kulagin V.P.* Monitoring of Dangerous Space Bodies // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 2017. 3(1). pp. 4-12.
- Lowman, 1978** – *Lowman Jr.P.D.* Comparative planetology and the origin of continents // *Comparative Planetology.* 1978. P. 51.
- Markov, 1984** – *Markov M.S.* Comparative planetology. *Proceedings of the 27th International Geological Congress held in Moscow, 1984 August 4-14. Tom 19 / Comparative Planetology.* 1984.
- Matson, 1976** – *Matson D.L. et al.* Asteroids and comparative planetology // *Lunar and Planetary Science Conference Proceedings.* 1976. T. 7. pp. 3603-3627.
- Savinych, 2016** – *Savinych V.P.* On the Relation of the Concepts of Space Knowledge, Knowledge, Knowledge of the Spatial // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 2016. Vol. 2, Is. 1, pp. 23-32.
- Savinych, 2017** – *Savinych V.P.* Evolution of Space Monitoring // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 2017. 3(1). pp. 33-40.
- Taylor, 2011** – *Taylor F.W.* Comparative planetology, climatology and biology of Venus, Earth and Mars // *Planetary and Space Science.* 2011. V. 59. №. 10. pp. 889-899.
- Tsvetkov, 2016** – *Tsvetkov V.Ya.* The Problem of Asteroid-Comet Danger // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 2016, Vol. 2, Is. 1, pp. 33-40. DOI: 10.13187/rjar.2016.2.33
- Tsvetkov, 2017** – *Tsvetkov V.Ya.* The Logarithmic Measure the Orbits of the Planets of the Solar System // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* 2017. 3(1). pp. 41-46.
- Woolfson, 2000** – *Woolfson M.* The origin and evolution of the solar system. *Astronomy & Geophysics.* 2000. V. 41. P. 1.12. DOI: 10.1046/j.1468-4004.2000.00012
- Young, 1973** – *Young R.S.* The beginning of comparative planetology // *Space life sciences.* 1973. V. 4. №. 3-4. pp. 505-515.

## References

- An Overview..., 2016** – An Overview of the Solar System. The Nine Planets [Electronic resource]. URL: <http://nineplanets.org/overview.html> Data view 09.12.2018 [in Russian]
- Bean, 2017** – *Bean J.L., Abbot D.S., Kempton E.M.R.* (2017). A statistical comparative planetology approach to the hunt for habitable exoplanets and life beyond the solar system. *The Astrophysical Journal Letters.* T. 841. №. 2. P. L24.
- Beichman, 2006** – *Beichman C. A. et al.* (2006). Comparative planetology and the search for life beyond the solar system [Electronic resource]. URL: arXiv preprint astro-ph/0601469
- Bibring, 2005** – *Bibring J.P.* (2005). Comparative planetology, Mars and exobiology. *Lectures in astrobiology.* Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 353-383.
- Bondur et al., 2015** – *Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya.* (2015). System Analysis in Space Research. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A.* Vol. 1, Is. 1, pp. 4-12. DOI: 10.13187/rjar.2015.1.4.
- Bondur, Tsvetkov, 2015** – *Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya.* (2015). New Scientific Direction of Space Geoinformatics. *European Journal of Technology and Design,* Vol. 10, Is. 4, pp. 118-126. DOI: 10.13187/ejtd.2015.10.118
- Chahine, 2010** – *Chahine M.T. et al.* (2010). Comparative Planetology with an Earth Perspective. Springer Netherlands.
- Florenskii, 1981** – *Florenskii K.P. et al.* (1981). Sketches on comparative planetology. Moscow Izdatel Nauka. 326 p.
- Glass, 1982** – *Glass B.P.* (1982). Introduction to planetary geology. Cambridge, Cambridge University Press. 477 p.
- Høye, 2008** – *Høye G.K. et al.* (2008). Space-based AIS for global maritime traffic monitoring. *Acta Astronautica.* T. 62. №. 2-3. pp. 240-245.
- Jin et al., 2013** – *Jin S., Van Dam T., Wdowinski S.* (2013). Observing and understanding the Earth system variations from space geodesy. *Journal of Geodynamics.* T. 72. pp. 1-10.
- King, 1976** – *King E.A.* (1976). Space geology: an introduction. New York, John Wiley and Sons, Inc. 361 p.
- Kuchner, 2005** – *Kuchner M.J.* (2005). General astrophysics and comparative planetology with the Terrestrial Planet Finder missions. [Electronic resource]. URL: arXiv preprint astro-ph/0505102



- [Kuipers, 1978](#) – *Kuipers Benjamin* (1978). Modeling Spatial Knowledge. *Cognitive Science*. №2. pp. 129-153.
- [Kulagin, 2017](#) – *Kulagin V.P.* (2017). Monitoring of Dangerous Space Bodies // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2017. 3(1). pp. 4-12.
- [Lowman, 1978](#) – *Lowman Jr.P.D.* (1978). Comparative planetology and the origin of continents. *Comparative Planetology*. P. 51.
- [Markov, 1984](#) – *Markov M.S.* (1984). Comparative planetology. *Proceedings of the 27th International Geological Congress held in Moscow, 1984 August 4-14. Tom 19. Comparative Planetology*.
- [Matson, 1976](#) – *Matson D.L. et al.* (1976). Asteroids and comparative planetology. *Lunar and Planetary Science Conference Proceedings*. T. 7. pp. 3603-3627.
- [Panteleev, 2001](#) – *Panteleev V.L.* (2001). Физика Земли и планет [Physics of the Earth and planets]. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 89 p. [in Russian]
- [Savinych, 2016](#) – *Savinych V.P.* (2016). On the Relation of the Concepts of Space Knowledge, Knowledge, Knowledge of the Spatial. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2016. Vol. 2, Is. 1, pp. 23-32.
- [Savinych, 2017](#) – *Savinych V.P.* (2017). Evolution of Space Monitoring. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 3(1). pp. 33-40.
- [Savinykh, 2009](#) – *Savinykh V.P., Smirnov L.E., Shingareva K.B.* (2009). География внеземных территорий [Geography of extraterrestrial territories]. М.: «Дрофа», 256 p. [in Russian]
- [Taylor, 2011](#) – *Taylor F.W.* (2011). Comparative planetology, climatology and biology of Venus, Earth and Mars. *Planetary and Space Science*. V. 59. №. 10. pp. 889-899.
- [Teiyar de Sharden, 1987](#) – *Teiyar de Sharden P.* (1987). Fenomen cheloveka [The Phenomenon of man]. М.: Nauka. 240 p. [in Russian]
- [Tsvetkov, 2016](#) – *Tsvetkov V.Ya.* (2016). The Problem of Asteroid-Comet Danger. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. Vol. 2, Is. 1, pp. 33-40. DOI: 10.13187/rjar.2016.2.33
- [Tsvetkov, 2017](#) – *Tsvetkov V.Ya.* (2017). The Logarithmic Measure the Orbits of the Planets of the Solar System. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 3(1). pp. 41-46.
- [Woolfson, 2000](#) – *Woolfson M.* (2000). The origin and evolution of the solar system. *Astronomy & Geophysics*. V. 41. P. 1.12. DOI: 10.1046/j.1468-4004.2000.00012
- [Young, 1973](#) – *Young R.S.* (1973). The beginning of comparative planetology. *Space life sciences*. V. 4. №. 3-4. pp. 505-515.

## Развитие направления «Сравнительная планетология»

Виктор Яковлевич Цветков<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Центр стратегического анализа и развития НИИАС, Российская Федерация

**Аннотация.** Статья исследует особенности и состояние сравнительной планетологии как комплекса научных дисциплин, связанных с исследованием космического пространства. Показаны составляющие части этого научного направления. Показан интеграционный аспект дисциплины. Раскрыты основные задачи, решаемые сравнительной планетологией. Отмечена трансформация многих земных наук в область космических исследований. Показано что предыдущие этапы сравнительной планетологии ориентировались на геологию. В настоящее время в сравнительной планетологии существенную роль играют геодезические и геометрические факторы. В рамках подхода сравнительной планетологии выполнена систематика орбит планет Солнечной системы. Выявлено, что орбита планеты Земля является искусственной по отношению к другим орбитам.

**Ключевые слова:** космические исследования, планетология, сравнительная планетология, систематика, интеграция наук, моделирование.

\* Корреспондирующий автор  
Адреса электронной почты: [cvj2@mail.ru](mailto:cvj2@mail.ru) (В.Я. Цветков)