

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



The Development of the Direction "Comparative Planetology"

Viktor Ya. Tsvetkov ^{a,*}

^a 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 (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.
- Høye, 2008 – Høye 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. МВ 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^{a,*}

^a 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 (В.Я. Цветков)