

УДК 372.8; 52.

*В. П. Кулагин*  
*Профессор, доктор технических наук*  
*В. П. Савиных*  
*Профессор, доктор технических наук*  
*В. Я. Цветков*  
*Профессор, доктор технических наук*

## ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПЛАНЕТОЛОГИЯ»

Раскрываются особенности сравнительной планетологии как учебной дисциплины. Показаны составляющие части. Показан интеграционный аспект дисциплины. Дано сравнение гетонформатики и сравнительной планетологии.

Ключевые слова: образование, планетология, сравнительная планетология, геоинформатика, интеграция наук, моделирование.

*V. P. Kulagin*  
*Professor, doctor of technical sciences*  
*V. P. Savinykh*  
*Professor, doctor of technical sciences*  
*V. Ia. Tsvetkov*  
*Professor, doctor of technical sciences*

## FEATURES OF STUDYING THE DISCIPLINE "COMPARATIVE PLANETOLOGY"

The article describes the features of comparative planetary science as an academic discipline. The article shows the components of the Comparative Planetology. The article reveals the integration aspect of the discipline. The article compares the Geo-Informatics and Comparative Planetology.

Key words: education, planetology, comparative planetology, geoinformatics, the integration of science, modeling.

**С**равнительная планетология изучает, обобщает и разрабатывает методы анализа и решения задач по изучению планет и спутников с использованием методов наук о Земле [1, 2]. В ней широко представлены эмпирические методы исследования планет и спутников. Эти эмпирические методы в последнее время дополняются изучением и применением технологий сбора, хранения, обновления, обработки и представления пространственных данных. Длительное время основу сравнительной планетологии составляли геологическая и астрономическая компоненты. В последние десятилетия в связи появлением дисциплин космическая геодезия и геоинформатика число компонент сравнительной планетологии возросло.

**История развития.** Сравнительная планетология корнями уходит в планетологию. Историю планетологии 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».

Этапом становления планетологии стали телескопические наблюдения. Начало им положил итальянский астроном Галилео Гали-

лей в 1609 году. Направив свой самодельный телескоп на небо он открыл четыре крупнейших спутника Юпитера, горы на Луне, впервые наблюдал кольца Сатурна и многое другое. Совершенствование телескопов и улучшение их характеристик позволило приступить к детальным исследованиям поверхности небесных тел, в частности Луны. Луна была первоначально главным объектом изучения из-за ее близости к Земле. Сначала главным инструментом изучения Луны и планет были оптические приборы, позже в XX веке появились радиотелескопы и космические аппараты, с помощью которых можно более детально заниматься изучением космических объектов.

В России лаборатория Сравнительной Планетологии была организована в 1967 инициативой Академиков А. П. Виноградова и Г. И. Петрова как часть Института Космического исследования Академии СССР Наук и возглавлялась К. П. Флоренским. 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. Это обусловлено рядом причин.

**Особенности сравнительной планетологии.** Первая особенность сравнительной планетологии состоит в том, что основным базовым объектом сравнения является Земля, как наиболее лучше всего изученный объект, на котором можно провести все возможные измерения. Использование данных исследования Земли в качестве аналога для сравнения с другими телами, больше всего распространены в таких науках как планетарная геология, геоморфология и науки об атмосфере. Данная особенность дает основание переносить методы наук о Земле (геоинформатика, геодезия, геодинамика, фотограмметрия, картография) для изучения других объектов Солнечной системы. Именно поэтому многие науки о Земле служат основой изучения других планет и космических объектов.

Вторая особенность состоит в том, что базовым объектом исследования и изучения сравнительной планетологии является Солнечная система. Солнечная система с пози-

ций системного анализа может быть рассмотрена как сложная система. Поэтому наряду с изучением Солнечной системы сравнительная планетология требует применения методов системного анализа для понимания того, что является системой и что в нее не входит. Отсюда вытекает необходимость изучения и применения методов аналогий и сложных систем в сравнительной планетологии.

Третья особенность в том, что в сравнительной планетологии сложно провести натурный эксперимент. Поэтому в ней широко применяют различные виды моделирования: формальное, аналоговое, картографическое, компьютерное. В частности, в последнее время широко применяется визуальное моделирование и различные визуализации. Это приводит к необходимости изучения основ моделирования. Для обоснования выводов в сравнительной планетологии широко применяется логический метод.

Четвертая особенность состоит в том, что базовой наукой в сравнительной планетологии является планетология. Планетология, в свою очередь, определяется как комплекс наук, 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.

Планетология в настоящее время она интегрирует в себя множество дисциплин, таких как планетарная геология (вместе с геохимией и геофизикой), физическая география (геоморфология и картография, применительно к планетам), атмосферные науки, теоретическая планетология и исследование экзопланет. Ряд дисциплин связан со сравнительной планетологией, например, физика космоса, астробиология и науки изучающие влияние Солнца на планеты Солнечной системы.

**Современная структура.** В настоящее время основу сравнительной планетологии составляют геология и астрономия, космическая геодезия [3], геоинформатика [4] и системный анализ. Как вспомогательное технологическое направление развивается глобальный мониторинг, причем глобальный в смысле исследования космического пространства, а не только земной сферы. Кроме того существенно развивается информационная поддержка данного направления. Существенно расширились методы анализа. Это делает сравнительную планетологию интегративной наукой и требует для ее осво-

ения изучения ряда вспомогательных дисциплин и направлений.

**Глобальный мониторинг.** Одним из современных направлений сравнительной планетологии является глобальный мониторинг. Концепция глобализации широко используется при анализе различных процессов. Понятием «глобализация» различные авторы обозначают широкий спектр явлений и тенденций [5]. Глобальный мониторинг – это мониторинг глобальных процессов [6], протекающих на земной поверхности, в околоземном пространстве так и за пределами околоземного пространства. Поэтому основой такого мониторинга является космический мониторинг [7]. Спецификой космического мониторинга является использование дистанционных методов наблюдений [8] и получения информации, основным их которых является фотограмметрический метод [9, 10].

**Малые планеты.** Исследование ближнего космоса также ставит ряд специальных задач. Солнечная система, кроме планет и их спутников, содержит большое количество малых небесных тел – это ядра комет, астероиды, метеорные тела и др. Исследование этих тел, их моделирование и картографирование представляет большой научный интерес [11, 12]. При этом возникает задача определения планетографической широты для любого небесного тела [13]. Существует достаточно большое количество малых, для которых существует вероятность столкновения с Землей. Это представляет угрозу существования человечеству и актуализирует исследования и изучения вопросов в этом направлении.

**Информационная поддержка.** Информационная поддержка исследований в области сравнительной планетологии требует разработки специальных информационных систем хранения планетографической информации, включая общедоступные базы данных [14, 15].

**Методы анализа.** Сравнительная планетология по своему названию требует изучения и применения методов сравнительного анализа. Первым шагом является изучение шкал измерений как основы последующей систематизации и анализа информации в этой области. Сравнить можно только величины одинаковых качественных признаков и величины, которые подчиняются одинаковым правилам измерения и анализа. Сравнительный анализ становится необходимым при изучении объектов, по которым нет или не хватает прямых данных. Например, сравнение атмосферы Земли и Титана, анализ внешних объектов Солнечной системы на разных расстояниях от Солнца,

геоморфология поверхности планет земной группы [16].

**Терминология.** Междисциплинарный перенос знаний не всегда эквивалентен переносу терминов. Можно это рассмотреть на примере геодезии и геометрии. Следует напомнить неискушенным читателям, что «геометрия» переводится как измерение Земли, в то время как «геодезия» – деление Земли. Аббревиатура международной федерации геодезистов FIG образована от Federation Internationale des Geometres. Эта федерация как федерация геометров была основана в 1878 году в Париже под названием Federation Internationale des Geometres (FIG). Однако с течением времени геометрия стала разделом математики и теоретической наукой. А практической наукой, связанной с измерениями и исследованием земной поверхности стала геодезия. Поэтому в настоящее время в иностранных и Российских источниках FIG интерпретируется как International Federation of Surveyors (Международная федерация геодезистов).

В сравнительной планетологии существует достаточно большое количество терминов связанных с Землей, хотя речь идет о других планетах. Например, геоинформатика используется для изучения космического пространства. Вполне уместно говорить о космической информатике. География внеземных территорий [17]. География: (др. греч. γεωγραφία, землеописание, от γῆ — Земля и γράφω — пишу, описываю). География внеземных территорий звучит как «землеописание внеземных территорий». Вполне уместно 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 «планетометрия».

**Геоинформатика и сравнительная планетология.** В настоящее время можно говорить о периоде интеграции сравнительной планетологии, подобно тому, как науки о Земле интегрирует геоинформатика. Следует напомнить, что геоинформатика развивалась как междисциплинарная наука на основе интеграции наук о Земле и информатики [18]. Поэтому между планетологией и геоинформатикой также существует тесная связь.

В сравнительной планетологии применяют эмпирические и теоретические методы. Данные наземных наблюдений могут проверяться и уточняться с помощью экспериментальных наблюдений из космоса. В геоинформатике основой исследования служат методы системного анализа и математические ме-

тоды и различные методы моделирования, включая пространственное моделирование. Уровень формализации в геоинформатике значительно выше. Поэтому следует считать, что интеграции геоинформатики и сравнительной планетологии существенно обогатит последнюю. К числу методов анализа, который мало применяется в планетологии, но интенсивно в геоинформатике следует отнести коррелятивный анализ [19].

**Пространственные знания.** Термин пространственные знания возник в области искусственного интеллекта [20]. С 90-х годов он устойчиво применяется в геоинформатике [21]. В сравнительной планетологии это направление пока представлено относительно слабо.

**Выводы.** На данный момент Солнечная система относительно изучена, что дает основание представлять стадии её формирования и развития. В то же время, существует много нерешённых вопросов, поэтому сравнительная планетология служит инструментом изучения ближнего и дальнего космоса и средством познания окружающего мира. В настоящий момент эта наука находится в стадии обновления. Прежде всего, за счет методов геодезии и картографии. Изучение этой дисциплины сопряжено с необходимостью включения разделов из многих смежных областей. Это увеличивает нагрузку на учащихся и относит данную дисциплину к относительно сложным для освоения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Слюта Е. К., Иванов А. В., Иванов М. А. Сравнительная планетология: Основные понятия, термины и определения. – М.: Наука, 1990. – 96 с
2. Флоренский К. П., Базилевский А. Т. и др. Очерки сравнительной планетологии /Под ред. В. Л. Барсукова. М.: Наука, 1981. – 326 с.
3. Майоров А.А., Савиных В.П., Цветков В.Я. Геодезическое космическое обеспечение России // Международный научно-технический и производственный журнал «НАУКИ О ЗЕМЛЕ». - №4-2012. - с. 23-27
4. Краснопевцева Б.В., Курпичев А.В., Назаров В.Н. «Создание ГИС по результатам советских и российских космических программ». Международная конференция «Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт», Владивосток - Чаньчунь, 2004. С. 385-388
5. Цветков В.Я. Глобализация и информатизация // Информационные технологии, 2005, - №2 - с. 2-4.
6. V. Ya. Tsvetkov. Global Monitoring // European Researcher, 2012, Vol.(33), № 11-1, p.1843- 1851
7. Савиных В.П., Цветков В.Я. Сравнительная планетология. – М.: МИИГАиК, 2012, -84с
8. Бармин И.В., Савиных В.П., Цветков В.Я. Дистанционный метод определения координат точек на поверхности планеты // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. – 2013. - № 3. – с. 26-29
9. Цветков В.Я. Определение динамических характеристик фотограмметрическим методом // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 1997- N1 - с. 73-76
10. Цветков В.Я. Построение моделей объектов изображенных на фотоснимках неявно // Геодезия и аэрофотосъемка. 1997- N2-3 с. 96-101
11. Нырцов М. В. Карты малых небесных тел: формы их представления и способы использования// Известия ВУЗов Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – №1. – С. 90-95.
12. Нырцов М. В. Особенности создания и возможности использования цифровых моделей рельефа для научных исследований и картографирования малых небесных тел// Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – №2. – С. 84-90.
13. V. Ya. Tsvetkov. Planetographic Latitude Definition // European Researcher, 2013, Vol.(40), № 2-1, p.273- 278
14. Рожнев И.Ю. Принципы создания системы управления содержанием сайта по планетной тематике. // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка», №3, 2010. С. 97-101
15. Rozhnev I.Y. Analysis and choice of the Content Management System for creation of scientific thematic resource on example of Planetary Cartography Web-site. The 50-th Vernadsky/Brown Microsymposium, Moscow, 2009
16. Лукашов А.А. «Рельеф планетных тел. Введение в сравнительную геоморфологию». – М.: Издательство МГУ, 1996. – 111с.
17. Савиных В.П., Смирнов Л.Е., Шингарева К.Б. География внеземных территорий. – М.: «Дрофа», 2009. - 256 с
18. Майоров А.А. Современное состояние геоинформатики // Инженерные изыскания. - 2012. - № 7. - С. 12-15
19. V. Ya. Tsvetkov. Framework of Correlative Analysis // European Researcher, 2012, Vol.(23), № 6-1, p.839- 844
20. Benjamin Kuipers. Modeling Spatial Knowledge (1978) // Cognitive Science - №2. - p. 129-153
21. Цветков В.Я. Пространственные знания// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. -2013. - №7. – С.43-47.

### REFERENCES

1. Sliuta E.K., Ivanov A.V., Ivanov M.A. *Sravnitel'naia planetologiya: Osnovnye poniatia, terminy i opredeleniia* [Comparative planetology : Basic concepts, terms and definitions]. Moscow, Nauka, 1990. 96 p.
2. Florenskii K.P., Bazilevskii A.T. *Essays in comparative planetology*. Moscow, Nauka, 1981. 326 p.
3. Maiorov A.A., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. Geodesic space provision of Russia. *Nauki o Zemle - Earth Sciences*, 2012, no.4. - pp.23-27 (in Russian).

4. Krasnopevtseva B.V., Kurpichev A.V., Nazarov V.N. Creating a GIS as a result of Soviet and Russian space programs. *Mezhdunarodnaia konferentsiia «Ustoichivoe razvitie territorii: geoinformatsionnoe obespechenie i prakticheskii opyt»* [International Conference on "Sustainable Development of Territories: GIS software and hands-on experience]. Vladivostok - Chan'chun', 2004. pp.385-388.
5. Tsvetkov V.Ia. Globalization and informatization. *Informatsionnye tekhnologii - Information Technology*, 2005, no.2. pp.2-4 (in Russian).
6. V. Ya. Tsvetkov. Global Monitoring. *European Researcher*, 2012, Vol.(33), no.11-1, pp.1843-1851.
7. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. *Sravnitel'naia planetologiya* [Comparative planetology]. Moscow, MIIGAiK, 2012. 84 p.
8. Barmin I.V., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. Remote method of determining the coordinates of points on the surface of the planet. *Vestnik NPO im. S.A. Lavochkina - Bulletin of NPO named after S.A.Lavochkin*, 2013, no.3. pp.26-29 (in Russian).
9. Tsvetkov V.Ia. Determination of the dynamic characteristics of the photogrammetric method. *Izvestiia VUZov. Geodeziia i aerofotos'emka - Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography*, 1997, no.1, pp.73-76.
10. Tsvetkov V.Ia. The construction of models of objects depicted in photographs implicitly. *Geodeziia i aerofotos'emka - Geodesy and aerial photography*, 1997, no.2-3. pp.96-101 (in Russian).
11. Nyrtsov M.V. Mmaps of small celestial bodies: the form of presentation and methods of use. *Izvestiia VUZov. Geodeziia i aerofotos'emka - Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography*, 2009, no.1. pp.90-95 (in Russian).
12. Nyrtsov M. V. Features of creation and the possibility of the use of digital elevation models for research and mapping of small celestial bodies. *Izvestiia VUZov. Geodeziia i aerofotos'emka - Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography*, 2010, no.2. pp.84-90 (in Russian).
13. V. Ya. Tsvetkov. Planetographic Latitude Definition. *European Researcher*, 2013, Vol.(40), no.2-1, p.273-278.
14. Rozhnev I.Iu. Principles of creation of content management system for a planetary theme. *Izvestiia VUZov. Geodeziia i aerofotos'emka - Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography*, 2010, no.3. pp.97-101 (in Russian).
15. Rozhnev I.Y. Analysis and choice of the Content Management System for creation of scientific thematic resource on example of Planetary Cartography Web-site. The 50-th Vernadsky/Brown Microsymposium, Moscow, 2009
16. Lukashov A.A. *Rel'ef planetnykh tel. Vvedenie v sravnitel'nuiu geomorfologiyu* [Relief planetary bodies. Introduction to comparative geomorphology]. Moscow, Izdatel'stvo MGU, 1996. 111p.
17. Savinykh V.P., Smirnov L.E., Shingareva K.B. *Geography extraterrestrial territories*. Moscow, Drofa, 2009. 256 p.
18. Maiorov A.A. The current state of Geoinformatics. *Inzhenernye izyskaniia - Engineering surveys*, 2012, no.7. pp.12-15 (in Russian).
19. V. Ya. Tsvetkov. Framework of Correlative Analysis. *European Researcher*, 2012, Vol.(23), no. 6-1, p.839-844.
20. Benjamin Kuipers. *Modeling Spatial Knowledge* (1978). *Cognitive Science*, no.2. pp.129-153.
21. Tsvetkov V.Ia. Spatial Knowledge. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy - International Journal of Applied and fundamental research*, 2013, no.7. pp.43-47 (in Russian).

### Информация об авторах

**Цветков Виктор Яковлевич** (Россия, г.Москва) – Профессор, доктор технических наук, доктор экономических наук. Советник ректора Московского государственного университета геодезии и картографии. E-mail: cvj2@mail.ru

**Более подробная информация об авторе по адресу:**

<http://pnojurnal.files.wordpress.com/2013/10/tsvetkov-v-ia.pdf>

**Савиных Виктор Петрович** (Россия, г.Москва) – Профессор, доктор технических наук, Президент Московского государственного университета геодезии и картографии. Летчик-космонавт. Дважды Герой Советского союза.

**Кулагин Владимир Петрович** (Россия, г.Москва) – Профессор, доктор технических наук, заместитель директора Московского института электроники и математики НИУ ВШЭ. E-mail: kvp@miem.ru

### Information about the authors

**Tsvetkov Viktor Iakovlevich** (Russia, Moscow) – Professor, doctor of technical science, doctor of economic sciences. Advisor to the rector of the Moscow State University of Geodesy and Cartography. E-mail: cvj2@mail.ru

**More detailed characteristics of this accommodation from the author at:**

<http://pnojurnal.files.wordpress.com/2013/10/tsvetkov-v-ia.pdf>

**Savinykh Viktor Petrovich** (Russia, Moscow) – Professor, doctor of technical sciences, president of the Moscow State University of Geodesy and Cartography. Pilot-cosmonaut. Twice Hero of the Soviet Union.

**Kulagin Vladimir Petrovich** (Russia, Moscow) – Professor, doctor of technical sciences, deputy director of the Moscow Institute of Electronics and Mathematics HSE. E-mail: kvp@miem.ru