

Разработка системы хранения планетных данных и организация доступа к ним на основе ГИС-технологий (геопортал)

И.П. Карачевцева, Е.Н. Матвеев, А.А. Коханов, Н.А. Козлова, А.С. Гаров

Московский государственный университет геодезии и картографии

Москва, Россия

E-mail: i_karachevtseva@mexlab.ru

В рамках работ по картографированию планет и спутников Солнечной системы, выполняемых в МИИГА и К, используются различные данные дистанционного зондирования (ДДЗ) Солнечной системы, полученные при выполнении прошлых (Викинг, Вояджер-1 и Вояджер-2, Галилео, Кассини) и текущих миссий: наблюдения Фобоса с европейского космического аппарата (КА) «Mars-Express» (МЕХ), а также исследования Луны с американского КА «Lunar Reconnaissance Orbiter» (LRO). В отличие от миссий прошлых лет, современные аппараты предоставляют данные с очень высоким разрешением (до 0,5 м/пиксел), что обеспечивает детальное изучение поверхности небесных тел, сравнимое с исследованиями Земли из космоса. Доступ к планетным данным обеспечивается в основном через американскую систему Planetary Data System (PDS). Организация хранения, архивирования и доступа к большим информационным массивам различных планетных миссий является сложной технологической задачей, для решения которой необходимо создание специализированных систем. С запуском новых миссий объемы пространственной информации непрерывно растут, появляются новые виды данных, видоизменяется структура уже обработанной информации. Для организации доступа к данным широко используются веб-технологии, в том числе с использованием методов пространственной визуализации – геопорталы. В Комплексной лаборатории исследования внеземных территорий МИИГА и К разрабатывается система, обеспечивающая хранение результатов исследований по планетной геодезии и геоинформационному картографированию планет и спутников в виде специализированного координатно-картографического узла. Разработанный макет Геопортала планетных данных предлагается использовать для организации доступа к результатам исследований Солнечной системы в рамках будущих российских миссий.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование планет, ГИС, базы данных, веб-технологии, геопортал.

Введение

Создание информационных порталов с геопропространственной составляющей активно развивается в течение последнего десятилетия при изучении Земли с использованием данных дистанционного зондирования. Наиболее впечатляющие и общедоступные результаты получены при реализации приложения Google Earth. Разработка информационных ресурсов по планетам Солнечной системы связана, как правило, с деятельностью национальных космических агентств США, Европы и Японии, выполняющих запуски специальных спутников к различным телам, и рассчитаны в основном на организацию работ по распространению и обмену информацией в рамках научного сообщества. На данном этапе, когда развитие программных и технических решений обработки данных космических миссий внеземных территорий не представляет прямого коммерческого интереса, пространственная визуализация результатов миссий в виде геопорталов представлена очень слабо. Например, до сих пор наиболее популярным способом для доступа к некоторым информационным узлам американской системы планетных данных (PDS – Planetary Data System) является FTP-протокол (<http://pds.nasa.gov/>). Доступ к результатам обработки, как правило, возможен лишь для некоторого ограниченного количества данных или в рамках публикаций научных статей и обзоров.

Вместе с тем в последнее время наблюдаются очевидные тенденции к изменению. С одной стороны, постоянно увеличивается количество запусков современных спутников к различным телам Солнечной системы, активно планируются и разрабатываются новые миссии, рассчитанные в том числе и на коммерческое использование результатов. С другой стороны, развитие компьютерных технологий и опыта работы с данными земных миссий позволяет создавать универсальные и эффективные решения для создания геопорталов по различным телам Солнечной системы. Так, например, в рамках приложения Google Earth реализован доступ к некоторым пространственным данным внеземных территорий – Google Moon и Google Mars, что обеспечивает возможность для широкой публики ознакомиться с результатами дистанционных и контактных исследований Луны и Марса, включая детальные изображения мест посадок советских Луноходов (Луна-17 и Луна-21), американских космических аппаратов по программе Аполлон и исследованиям Марса с использованием автоматических планетоходов (роверов).

Доступ к исходным данным современных миссий по исследованию Луны и Марса на некоторых узлах PDS (<http://pds.nasa.gov/>) осуществляется с использованием пространственной визуализации данных (<http://ode.rsl.wustl.edu/>). Другим примером является система PIGWAD (U.S.G.S. Planetary GIS Web Server – Planetary Interactive G.I.S.-on-the-Web Analyzable Database), созданная Астрогеологическим центром Американской геологической службы (<http://webgis.wr.usgs.gov/>), в рамках которой осуществляется доступ к результатам обработки планет данных на основе ГИС-технологий с использованием возможностей модуля ArcExplorer ArcGIS.

Таким образом, технологические решения, основанные на пространственной визуализации данных с применением веб- и ГИС-технологий, продиктованы современными тенденциями, а также необходимостью создания такой структуры в РФ для целей будущих проектов «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс» и других планируемых миссий. Разработка в МИИГА и К геопортала планетных данных является практической реализацией предложенной ранее концепции создания тематического «Координатно-картографического узла» (Shingareva, Leonenko, 2003) с организацией доступа к данным по планетной геодезии и картографии.

1. Разработка системы хранения планетных данных

Для создания макета российского сегмента хранилища планетных данных как системы накопления, хранения, управления и доступа к данным на основе картографической визуализации необходимо реализовать несколько составных ее частей:

- разработать модель планетных данных и их описание (создать структуру метаданных);
- разработать структуру базы данных и осуществить ее наполнение информацией;
- разработать удобный пользовательский поиск и доступ к результатам обработки ДДЗ Солнечной системы и их анализа на основе веб-ГИС-технологий (геопортал).

Метаданные. Концептуальная модель для картографирования внеземных территорий предложена при разработке первых ГИС небесных тел (Cherepanova et al., 2003). Логическая модель для геологического картографирования планет и спутников с использованием ArcGIS предложена в работах (Gasselt, Naas, 2010, 2011). В рамках данной работы выполнена физическая разработка и описание информационных объектов на примере результатов исследований Фобоса. В качестве объекта рассматривается совокупность отдельных объектов с одними и теми же признаками (растровый или векторный слой). Модель планетных данных содержит описание тематических слоев и структуры атрибутивных таблиц (тип поля и его параметры), топологические ограничения и др. Метаинформация (описание) обеспечивает поиск и возможность доступа к нужным данным. При формировании метаданных осуществляется сбор информации, необходимой для использования и обработки данных: дата получения, параметры съемочных камер, высота орбиты спутника, пространственный охват и т.п. Для описания исходных космических изображений небесных тел предполагается использовать новый стандарт PDS 4 (Crichton, 2012), а для описания векторных слоев – американский стандарт метаданных Federal Geographic Data Committee (FGDC, <http://www.fgdc.gov/index.html>), разработанный для описания пространственной информации.

Как показывает опыт использования PDS, типовые запросы пользователей, как правило, включают в качестве приоритетных атрибутов поиска пространственное и спектральное разрешение прибора (сенсора) и уровни обработки данных. Поэтому при формировании информационного обеспечения геопортала принят подход подразделения данных сначала по небесным телам, затем на различные проекты и/или миссии, тип прибора (сенсора), уровни обработки данных, растровый или векторный формат, тематика (общие метаданные). После загрузки данных дальнейший поиск осуществляется по конкретным параметрам, хранящимся в метаданных, связанных с тем или иным объектом: время съемки, размер объекта и т.п.

База данных (БД). При разработке структуры БД необходимо предусмотреть возможность реализации следующих функций:

- ввод данных ДЗЗ и результатов их обработки;
- архивирование, каталогизация и хранение данных ДЗЗ и результатов их обработки;
- каталогизация и хранение дополнительных данных (описание проектов, миссий, справочная информация и др.);
- предоставление данных для предварительной и тематической обработки через локальный доступ;
- предоставление необходимой информации о наличии данных ДЗЗ и результатов их обработки в архиве посредством удаленного доступа через Web-интерфейс;
- защита данных от несанкционированного доступа.

БД обеспечивает хранение и доступ к пространственным данным, хранение метаданных, а также хранение описания типов загруженной информации. При этом растровые данные (ДЗЗ и результаты их обработки) хранятся в одной или нескольких системах

хранения (файловая система), а система управления БД обеспечивает различные сервисы: доступ к информации в удобном для пользователя виде, защиту данных, разграничение прав пользователей и др.

Геопортал. Для организации доступа к результатам планетных исследований на основе удобного пользовательского интерфейса, включая возможности пространственной визуализации, разработан прототип геопортала. Геопортал является клиентской частью системы накопления, хранения и управления содержанием БД, формирующейся на основе результатов исследований планет и спутников Солнечной системы. Помимо визуализации и управления информацией геопортал обеспечивает возможность выполнения пространственных запросов для поиска данных в БД и загрузки информации.

2. Информационное обеспечение системы хранения планетных данных

При формировании информационного обеспечения системы планетных данных использовались результаты исследований, выполненные при подготовке координатно-картографического обоснования миссии «Фобос-Грунт» (Oberst et al., 2011; Зубарев и др., 2012). Исходная информация предварительно накапливалась в виде базы геоданных «Фобос» (ГИС-проекта) с хранением разнородных слоев, включая ДДЗ Фобоса и результаты их обработки, в том числе космические изображения с КА Mars Express и КА Viking, цифровые модели рельефа (ЦМР) и базовые ортомозаики (Wallish et al., 2010; Карачевцева и др., 2012б), созданные на основе съемки разных камер КА Mars Express (Oberst et al., 2008), а также производные продукты, созданные в среде ArcGIS: геоморфологические объекты – кратеры и борозды (рис. 1 и 2), уклоны, статистические параметры рельефа, степень кратерированности поверхности, результаты спектрометрических исследований (Пацын и др., 2012) и др.

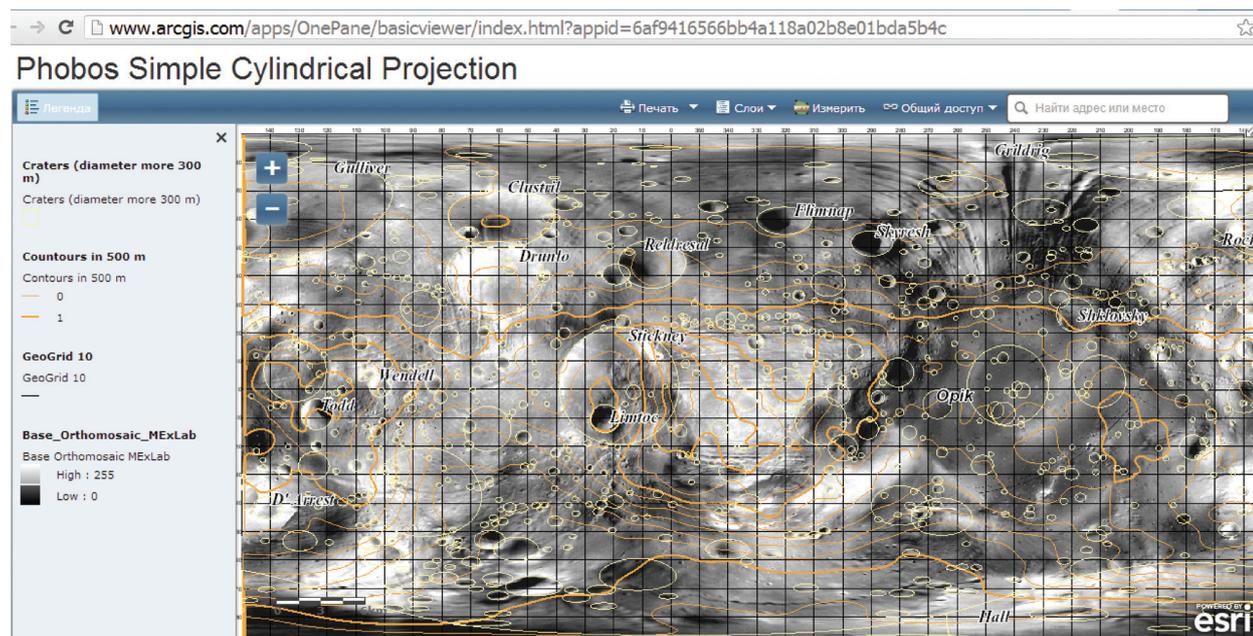


Рис. 1. Электронная публикация карты Фобоса в простой цилиндрической проекции на сервере ESRI

(<http://www.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=6af9416566bb4a118a02b8e01bda5b4c>)

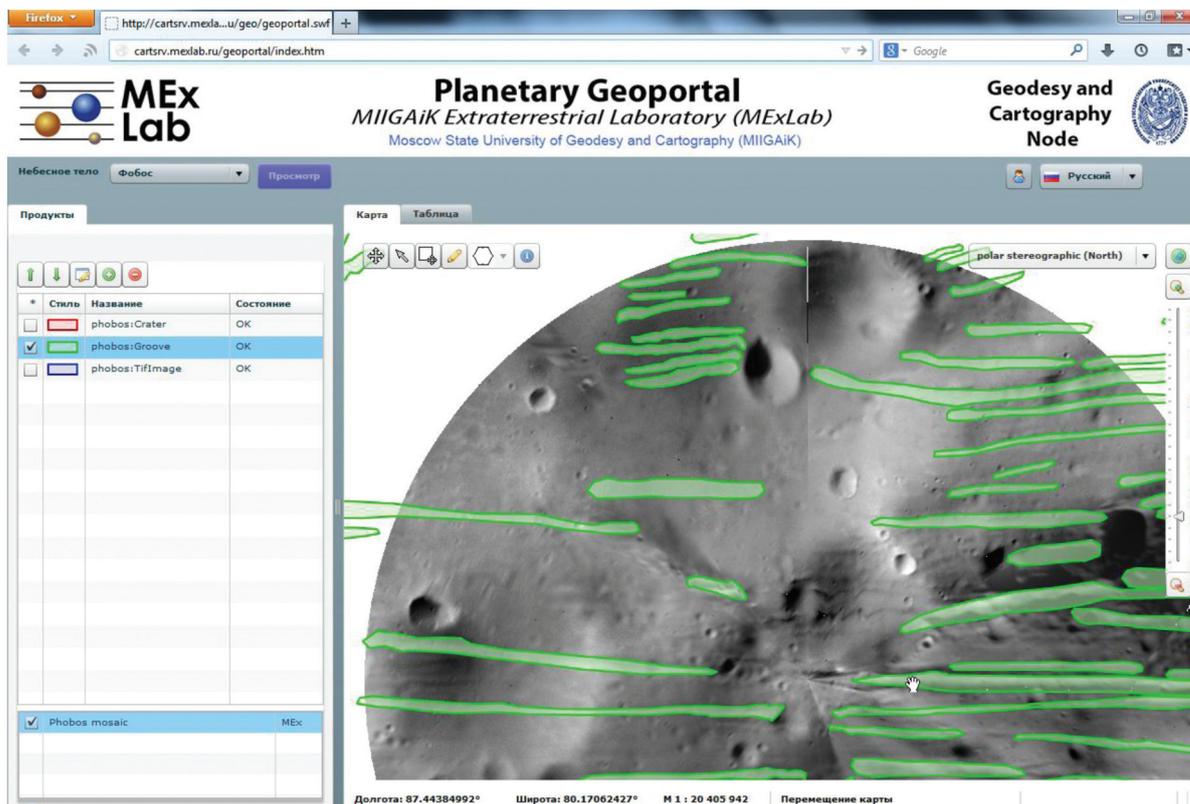


Рис. 2. Дизайн геопортала планетных данных на примере доступа к пространственной информации Фобоса

3. Алгоритм функционирования системы хранения планетных данных

Разработанные в Комплексной лаборатории исследования внеземных территорий МИИГА и К новые методы и алгоритмы фотограмметрической обработки ДДЗ планет и спутников Солнечной системы (Зубарев и др., 2012) апробированы на различных объектах, в результате чего впервые в России получены новые каталоги опорных точек и параметры фигуры небесных тел, глобальные и детальные ЦМР, ортоизображения поверхности, которые являются основой успешного решения задач геоинформационного картографирования внеземных объектов, таких как спутники Земли и Марса (Луна и Фобос), спутники внешних планет Сатурна и Юпитера: Энцелад, Ио и Ганимед (Карачевцева и др., 2012а, 2012б; Надеждина и др., 2012; Zhukov et al., 2013). Выбор объектов исследований связан с подготовкой координатно-картографического обоснования планируемых российских и международных миссий «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс», «Экзо-Марс», «Лаплас-П».

Алгоритм функционирования системы обеспечивает выполнение различных видов деятельности, связанных с планетными данными (обработку, поиск, накопление, хранение, копирование, редактирование и т.п.). Информация может поступать в систему из различных источников, включая архивы разных космических агентств, таких как PDS, JAXA и др., с ftp-серверов и т.п. Если используются «сырые» некалиброванные данные, то сначала выполняется полный цикл фотограмметрической обработки с получением координатной опорной сети и параметров фигуры исследуемого небесного тела, а также базовой картографической основы для дальнейшего анализа поверхности исследуемых тел (ЦМР и ортомозаики).

Если данные поступают как готовые геотрансформированные продукты, то они могут быть напрямую загружены в ArcGIS для картографирования и проведения тематического анализа. Локальные пользователи системы при этом имеют прямой доступ к базам геоданных небесных тел непосредственно из ArcGIS. Для широкого круга пользователей предусмотрена публикация карт на сервере ESRI в улучшенном картографическом оформлении с использованием возможностей ArcGIS (рис. 1), перечень опубликованных карт будет доступен на сайте (<http://mexlab.miigaik.ru>) по мере расширения списка электронных публикаций.

Для доступа научного сообщества к содержанию БД используется графический интерфейс геопортала планетных данных МИИГА и К. В настоящий момент программная и физическая реализация системы – разработка интерфейса геопортала и наполнение БД конкретными данными – обеспечивает доступ к результатам исследований Фобоса (рис. 2) и отдельных участков Луны в районе исследований Лунохода-1, миссия «Луна-17» (рис. 3). Для отображения пространственной информации по небесным телам используются несколько проекций (простая цилиндрическая равнопромежуточная, равноугольная проекция Меркатора, азимутальная – для отображения полярных областей).

Заключение

Необходимость данной работы обусловлена огромным количеством данных по результатам исследований тел Солнечной системы, поскольку до сих пор в нашей стране нет информационной структуры, на основе которой осуществлялись бы сбор, описание и предоставление доступа к таким данным. В настоящий момент большая часть современных результатов исследований планет доступна через зарубежные информационные хранилища. Данные советских и российских миссий хранятся либо в государственном архиве, через который доступно небольшое количество данных, либо имеются у отдельных исследователей, принимавших участие в той или иной миссии, либо в зарубежных архивах. Между тем, рост числа космических миссий, планируемых в РФ, диктует необходимость создания технологической и организационной структуры, обеспечивающей возможность хранения и доступа к данным.

Реализация макета геопортала планетных данных, выполненная в рамках данной работы, доступна в тестовом режиме <http://cartsrv.mexlab.ru/geo/imagetest.swf>, в настоящий момент ведется отладка системы администрирования, после чего доступ к данным будет обеспечиваться в соответствии с правами пользователей. Информация об изменениях будет опубликована на сайте лаборатории (<http://mexlab.miigaik.ru>).

Возможности разработанной системы могут быть использованы в дальнейшем для накопления и организации доступа к пространственной информации по результатам исследований других небесных тел Солнечной системы, например Луны. Так, в настоящий момент в систему хранения также загружены маршрут Лунохода-1 по результатам детального картографирования и ГИС-анализа территории его действия (Karachevtseva et al., 2013) и результаты обработки архивных панорам, полученных Луноходом-1 и Луноходом-2 (рис. 3а и 3б).

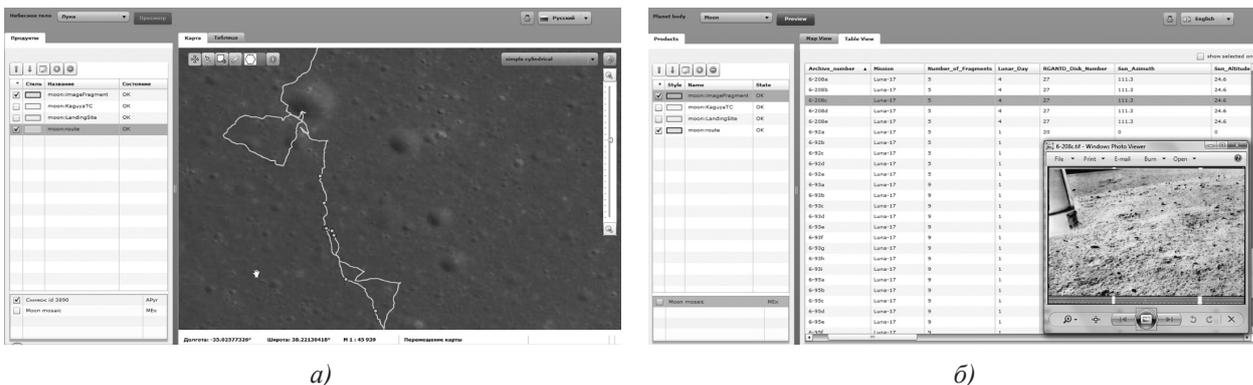


Рис. 3. Макет геопортала планетных данных. Место посадки Луна-17:
 а) доступ к пространственной информации на примере Луны, маршрут Лунохода-1;
 б) доступ к атрибутивной информации на примере архивных лунных панорам

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки РФ по теме «Разработка Геопортала планетных данных для обеспечения доступа к результатам исследований планет и спутников Солнечной системы», Договор № 14.В37.21.1303. Работы по современной цифровой обработке архивных лунных панорам поддерживаются грантом по проекту PRoViDE (Planetary Robotics Vision Data Exploitation, Grant Agreement № 312377), выполняемого в рамках Седьмой рамочной программы ЕС (FP7/2007-2013, Space). Проект PRoViDE направлен на внедрение и использование данных планетных роботов, включая результаты советской лунной программы.

Литература

1. Зубарев А.Е., Надеждина И.Е., Конопихин А.А. Проблемы обработки данных дистанционного зондирования для моделирования малых тел Солнечной системы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 277–285.
2. Карачевцева И.П., Конопихин А.А., Шингарева К.Б., Черепанова Е.В., Гусакова Е.Н., Баскакова М.А. (а) Атлас Лунохода-1: геоинформационное картографирование и анализ региона посадки АМС «Луна-17» по данным дистанционного зондирования спутника Lunar Reconnaissance Orbiter // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 292–303.
3. Карачевцева И.П., Конопихин А.А., Шингарева К.Б., Мукабенова Б.В., Надеждина И.Е., Зубарев А.Е. (б) Картографирование в ГИС Фобос по результатам обработки данных дистанционного зондирования спутника «Марс-Экспресс» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 304–311.
4. Надеждина И.Е., Зубарев А.Е., Рубцова Н.Г., Жаров А.А., Жаров О.А., Шишкина Л.А. Построение сети опорных точек спутников внешних планет на примере Ио и Энцеллада // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 286–291.

5. Пацын В.С., Малинников В.А., Гречищев А.В. Исследования спектрометрических характеристик поверхности Фобоса на HRSC данных с космического аппарата «Марс-Экспресс» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 312–318.
6. Cherepanova E., Karachevtseva I., Shingareva K., Leonenko S. GIS «The Solar System Planets». Case Study of the ArcGIS Planet Data Model // International Cartographic Conference. Spain, La Coruna, 2005.
7. Crichton D. PDS4: Developing the Next Generation Planetary Data System // Planetary Data Workshop, USA, Flagstaff, June, 2012.
8. Gasselt S. van, A. Nass. Planetary mapping – The datamodel’s perspective and GIS framework // Planetary and Space Science 59 (2011). 1231–1242.
9. Gasselt S. van, Nass A. Object-relational data model components for geologic mapping conduct // A special joint symposium of ISPRS Technical Commission IV & AutoCarto in conjunction with ASPRS/CaGIS 2010 Fall Specialty Conference.
10. Karachevtseva I., Oberst J., Scholten F., Konopikhin A., Shingareva K., Cherepanova E., Guskova E., Haase I., Peters O., Plescia J., Robinson M. Cartography of the Lunokhod-1 landing site and traverse from LRO image and stereo topographic data // Elsevier, Planetary and Space Science. P. 175–187. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pss.2013.06.002>.
11. Oberst J., Karachevtseva I.P., Shingareva K.B., Konopikhin A.A., Cherepanova E.V., Wählisch M., Willner K. Development global crater catalog of Phobos and GIS-analysis of the distribution of craters. The Second Moscow Solar System Symposium, Moscow, 10–14 October, 2011.
12. Oberst J., Schwarz G., Behnke T., Hoffmann H., Matz K.-D., Flohrer J., Hirsch H., Roatsch T., Scholten F., Hauber E., Brinkmann B., Jaumann R., Williams D., Kirk R., Duxbury, Leu T., Neukum G. The imaging performance of the SRC on Mars Express // Planet. Space Sci. 2008. 56, 473–491.
13. Shingareva K.B., Leonenko S.M. Specialized planetary cartography data base // ISPRS WG IV/9: Extraterrestrial Mapping Workshop «Advances in Planetary Mapping 2003». Lunar and Planetary Institute, Houston, Texas, USA, 2003.
14. Wählisch M., Willner K., Oberst J., Matz K.-D., Scholten F., Roatsch T., Hoffmann H., Semm S., Neukum G. A new topographic image atlas of Phobos // Earth and Planetary Science Letters. 2010. 294, 547–553.
15. Zukov D., Zubarev A., Nadejdina I., Oberst J., Patraty V., Shishkina L., Karachevtseva I. New Ganymede control point networks, image mosaics, and maps // International Colloquium and Workshop “Ganymede Lander: scientific goals and experiments”. Moscow, March, 2013

Development of planetary database and access based on GIS (geo-portal)

I.P. Karachevtseva, E.N. Matveev, A.A. Kokhanov, N.A. Kozlova, A.S. Garov

Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK)

Moscow, Russia

E-mail: i_karachevtseva@mexlab.ru

As part of the mapping of the planets and satellites of our solar system, operated in MIIGAiK use a variety of remote sensing data obtained in the performance of past (Viking, Voyager 1 and – 2, Galileo, Cassini), and current missions: observations of Phobos from the European spacecraft (SC) «Mars-Express» (MEX), as well as exploration of the moon with an American spacecraft «Lunar Reconnaissance Orbiter» (LRO). Unlike past years, missions, modern devices provide data at a very high resolution (up to 0,5 m/pixel), which provides a detailed study of the surface of the celestial bodies, comparable to studies of the Earth from space. Access to the planetary data is provided primarily through the American system of Planetary Data System (PDS). Storage, archiving and access to large amounts of information of various planetary missions are complex technological problem whose solution requires the organization of specialized archives. With the launch of new missions volumes of spatial information is continuously growing, there are new types of data structure is modified already processed information. For accessing data widely used Web technology, including methods based on mapping geo-portals. In MIIGAiK developed geo-portal of planetary data that can be used as a model of the Russian segment of the storage of the results for Solar system research.

Keywords: planetary cartography, spatial databases, GIS and Web services, geo-portal.