



---

# Russian Journal Astrophysical Research. Series A

---

Has been issued since 2015.  
E-ISSN: 2413-7499  
2019. 5(1). Issued once 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 22.06.2019.

Format 21 × 29,7/4.

Website: <http://ejournal28.com/>  
E-mail: [aphr.sro@gmail.com](mailto:aphr.sro@gmail.com)

Headset Georgia.

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

Order № RJAP-5.

**Russian Journal of Astrophysical Research. Series A**

**2019**

**Is. 1**

C O N T E N T S

**Articles and Statements**

Simulation Study of Three Solar PV Grid-Connected Systems M. Adar, Y. Najih, M. Mabrouki, A. Chebak, M. El idrissi .....	3
Comet Hazard V.P. Kulagin .....	17
Electrogravitic Originated Mass of the Sun T. Musha .....	27
Space Geodesy of Small Celestial Bodies V.V. Oznamets, V.Ya. Tsvetkov .....	34
Planetary Research Information Systems V.P. Savinych .....	41

Copyright © 2019 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  
 2019, 5(1): 3-16

DOI: 10.13187/rjar.2019.1.3  
[www.ejournal28.com](http://www.ejournal28.com)



## Articles and Statements

### Simulation Study of Three Solar PV Grid-Connected Systems

M. Adar <sup>a</sup>, Y. Najih <sup>a</sup>, M. Mabrouki <sup>a</sup>, A. Chebak <sup>b</sup>, M. El idrissi <sup>c, \*</sup>

<sup>a</sup> Industrial Engineering Laboratory, Faculty of Science and Technologies Sultan Moulay Slimane University Beni Mellal, Morocco

<sup>b</sup> Department of Computer Science and Engineering University of Quebec at Rimouski Rimouski (QC), Canada

<sup>c</sup> Chouaïb Doukkali University, El Jadida, Morocco

#### Abstract

In this paper, a performance analysis of three grid-connected PV systems in Beni Mellal weather conditions was carried out using PVsyst software and the monitored data. The PV system consists of polycrystalline silicon (pc-si), monocrystalline silicon (mc-si) and amorphous (a-si) solar cell technologies. The predicted annual production is found to be around 3733.1 kWh, 3716.5 kWh and 3543.8 kWh for the mc-si, pc-si and a-si technologies, respectively. The performance analysis has showed that the predicted annual average value of PR ratio for the a-si is nearly 83.8 %, 80.5 % for mc-si and 80.1 % for pc-si plant. The analysis of actual operating data has revealed that the annual average value of PR of pc-si, mc-si and a-si technologies are quantifiable at 86.80 %, 84.87 % and 83.60 %, respectively.

**Keywords:** PV systems, mc-si, pc-si, a-si, performance analysis, performance ratio, final yield, system losses, PVsyst.

#### 1. Introduction

Solar energy is a free and inexhaustible source of energy that can provide alternative energy without polluting the environment. Therefore, its use reduces the rate of decrease in energy reserves. Solar energy has a huge energy potential that exceeds fossil fuels and can meet the world's energy needs many times over.

Recently, research in the field of photovoltaic solar energy has been increasingly active. Most of the conducted researches are focused on two main areas. The first one is to improve the conversion of solar radiation into electrical energy, while the second one is associated with DC to AC conversion at inverter level. As a result, the Photovoltaics become a fast growing market. The Compound Annual growth rate of PV installations was 24 % between years 2010 to 2017. Photovoltaic module production is in continuous growth. In 2017, China and Taiwan took a share of 70 %, followed by the rest of Asia-Pacific and Central Asia with 14.8 %. Europe contributed by 3.1 %. The United States and Canada accounted for 3.7 %. The record lab cell efficiency is 26.7 % for mono-crystalline and 22.3 % for multi-crystalline silicon wafer-based technology. The highest

\* Corresponding author

E-mail addresses: [idrissi\\_82@hotmail.fr](mailto:idrissi_82@hotmail.fr) (M.El. idrissi)

lab efficiency in thin film technology is 21.7 % for CIGS and 21.0 % for CdTe solar cells. PV system performance has strongly improved. Before 2000, the typical Performance Ratio was about 70 %, while today it is in the range of 80 % to 90 % (Philipps et al., 2018).

The performance analysis of photovoltaic installations is very important because it ensures the monitoring of the installations by detecting anomalies that may appear. It reveals the impact of weather conditions, especially, temperature and dust, as well as losses at the level of inverters and cables... For example, the works conducted in (Monokroussos et al., 2011; Huld et al., 2011; Zinßer et al., 2008; Strobel et al., 2009) show that the global irradiance, ambient temperature and the solar radiation spectrum are parameters that most affect energy production. All of these parameters affect the operating conditions of PV modules, however the cells temperature is the major factor affecting electricity production. In fact, the effect of the temperature on operating solar cells is related to the temperature coefficient of each PV technology (Makrides et al., 2009). The work in paper (Radziemska et al., 2003) showed that for the crystalline silicon modules (c-Si), the performance, decreases when the temperature increases, while the paper (Makrides et al., 2012) showed that the modules realized with single or multi-junction amorphous silicon cells (a-Si) are able to improve the electrical performance in high temperature conditions.

The electrical performance analysis of the grid-connected photovoltaic system is based on the international IEC 61724 (Anon et al., 1998) standard published by the International Electro Technical Commission (IEC). It describes the performance parameters of photovoltaic installations including the final yield (Y<sub>f</sub>) and the Performance Ratio (PR). It is noted that final yield is used to compare the performance of PV systems installed at the same place using the same or differing mounting structure. Performance Ratio (PR) is widely used to analyze the performance and to compare PV systems located in different regions. Several studies are carried out to analyze the performance of photovoltaic installations based on the performance ratio. It has been shown in paper (Leloux et al., 2012) that the average value of the performance ratio of 993 residential PV systems in Belgium was found to be 78 %. In island, the performance ratio (PR) of a photovoltaic park, with a peak power of 171.36 kWp, has ranged from 58 to 73 %, giving an annual PR of 67.36 % (Kymakis et al., 2009). In paper (Sharma et al., 2013), a correction to the efficiency module results a reducing in the absolute percentage error between measured and predicted annual energy yield and performance ratio values to 4.89 %, 4.94 %, 1.16 % and 4.34 %, 4.93 %, 1.88 % for p-si, HIT and a-si arrays respectively. The performance comparison shows that HIT and a-si arrays have performed better than p-si array at this location. The energy yield of a-si modules is found to be 14% more in summer months and 6 % less in winter months in comparison to p-si modules. The HIT modules are found to produce 4-12 % more energy consistently than p-si modules. In Meknes (Morocco), a performance analysis and economical/environmental assessment of two grid-connected PV systems, including pc-Si and mc-si technologies, were carried out. The results showed that, for the same rated capacity, pc-si modules have higher monthly total average final yield than mc-Si modules. The leveled cost of electricity ranges between 0.073-0.082 \$/kW h. The Payback time found to be in the range 11.10-12.69 years for this analysis. Furthermore, it was shown that the installed PV system has the potential of reducing approximately 5.01 tons of CO<sub>2</sub> emission per year (Allouhi et al., 2016). The performance analysis of three PV plants installed in Marrakech city has shown that in winter, pc-si yields achieve 11 % more than a-si/μc-si but it generates 7 % less than mc-si. In summer, pc-si yields perform 4 % less than a-Si/μc-Si, but 7 % more than mc-si. Relative performance of a-si/μc-si increases by nearly 0.6% per 1°C against its two other bulk-silicon competitors, supporting that a-si/μc-si cells operate with a positive temperature power coefficient. Analysis of the daily data shows that the a-Si/μc-si cells daily performance degrades 1.1 % faster than the mc-si one. The a-si/μc-si cells daily performance degrades 0.2 % faster than pc-si one, while the pc-si cells daily performance degrade 0.9 % faster than mc-si one. Cumulative yearly PV yields show that the a-si/μc-si solar cells AC yearly yield performs around 1.5 % more than the mc-si one but degrades yearly nearly 1.5 % faster than the former, and that a-si/μc-si solar cells AC yearly yield performs around 2.2 % less than the pc-si ones and degrades yearly nearly 0.8 % faster than the former. In addition, the pc-si solar cells AC yearly yield performs around 3.8 % more than the mc-Si ones but degrades yearly nearly 0.8 % faster than the former (Aarich et al., 2018).

The aim of this work is to this program by simulating, using PVsyst software, and comparing the production of the three photovoltaic plants based on the three silicon technologies, including

monocrystalline (mc-si), polycrystalline (pc-si) and amorphous (a-si) silicon technologies. The associated analysis is made using performance parameters being specified by International Energy Agency (IEA) (Eltawil et al., 2010). The dealt with parameters are the performance ratio (PR), the system losses (Ls), the capture losses (Lc), the final yield (Yf) and the capacity factor (FC). Actual production and weather data are also given and analyzed.

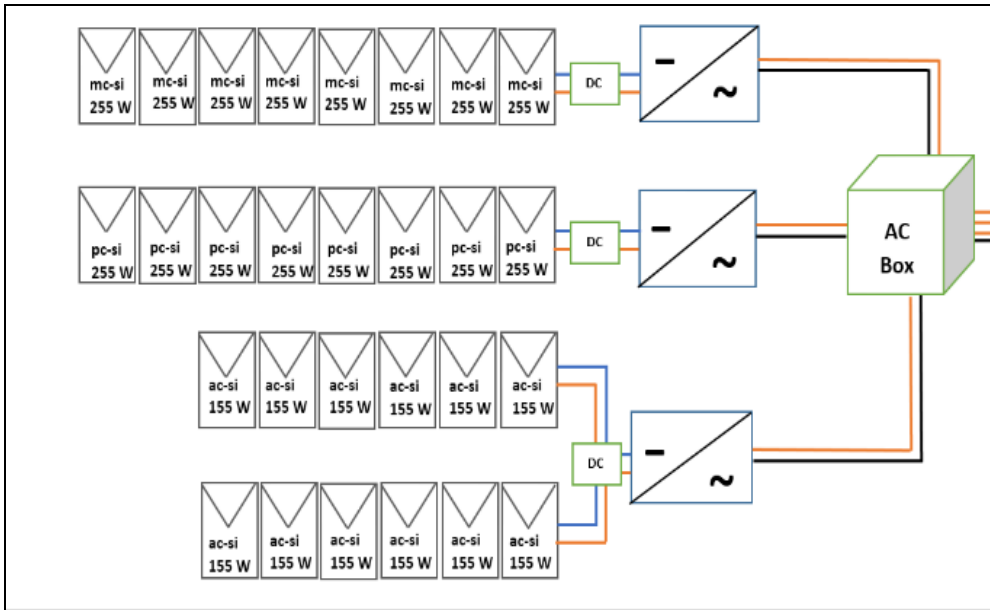
## 1. PV Plants Description

### 1.1. PV Plants

The photovoltaic system was installed on the rooftop (Fig.1) of the Faculty of Science and Technology, Beni Mellal, Morocco. It consisted of three mini-stations of 2kWp photovoltaic for each one, distinguished by the three silicon technologies: Monocrystalline (mc-si), Polycrystalline (pc-si) and Amorphous (a-si). Each mini-station of both monocrystalline and polycrystalline types formed by eight panels of Sunmodule plus SW 255 Wp from Solarworld. The modules, which are included 60 solar cells connected in series, have a yield of 15 % under standard test conditions. Every string is connected to the 3-phase Sunny Boy 2500HF inverter. The Amorphous Silicon mini-station consists of 12 panels of POWER NT\_155AF 155 Wp forming two strings joined in parallel. Each string is formed by connecting 6 modules in series. Both strings are linked to a 3-phase Sunny Boy 2500HF inverter. The unshaded modules were fixed with an tilt angle of  $30^\circ$ , facing south at an azimuth angle of  $0^\circ$ . More details can be illustrated in Table 1 and Figure 2.



**Fig. 1.** The three PV plants



**Fig. 2.** PV plants illustrative schematics

**Table 1.** Electrical characteristics

Modules	mc-si	pc-si	a-si
Module nominal power (W)	255	255	155
Module nominal open circuit voltage (V)	37.8	38	85.5
Module nominal voltage at maximum power (V)	31.4	30.9	65.2
Module nominal short circuit current (A)	8.66	8.88	2.56
Module nominal current at maximum power (A)	8.15	8.32	2.38
Temperature coefficient of power (per K)	-0.450 %	-0.410 %	-0.280 %
Temperature coefficient open circuit voltage (per K)	-0.300 %	-0.310 %	-0.320 %
Temperature coefficient short circuit current	0.004 %	0.051 %	0.070 %

**1.2. The weather Station**

The photovoltaic power generated is directly related to the climatic conditions including solar radiations and the ambient temperature. To follow the changes of the meteorological parameters and their influence on the production of the photovoltaic field, we have installed a meteorological station that measures the horizontal solar irradiations, the irradiation inclined by 30°, the ambient temperature, the photovoltaic panel temperature, the wind speed and the wind direction.

Concerning the solar irradiation, we have used two polycrystalline silicon modules. This solar module is belonging to Pheasant "Sun plus 20".

In order to get information about the PV panels' ventilation, we have used an anemometer measuring the speed and the direction of the wind. Its characteristics are accuracy: ± 0.3 m/s from 1 to 60 m/s and ± 1.0 m/s from 60 to 100m/s.

To measure the temperature of three photovoltaic technologies and the room temperature, we have exploited four temperature sensors PT100 modules.

For the room temperature, the sensor is in direct contact with air, however it is protected from the sun and the rain. The Data of different measurement sensors and inverters are stored at five-minute intervals by PCDUINO cards. These cards save the data as CSV files and send them by mail.

## 2. Performance parameters

In this section we will introduce the expression and the definition of each performance parameter.

### 1.2. The reference yield (Yr)

The reference yield is the ratio of the total solar radiation Ht (kWh/m<sup>2</sup>) arriving at the surface of PV solar panels and the reference radiation quantity Go (1kW/m<sup>2</sup>). This parameter represents the number of hours during for which the illumination is equal to that of the reference. It is recalled that Yr defines the solar resource for the PV system.

$$Yr = Ht/Go \quad (1)$$

### 1.3. The array yield (Ya)

The PV field efficiency is defined as the ratio between the total energy EDC (kWh) generated by the PV system for a defined period (day, month or year) and the rated power Po (kWp) of the system respect to the standard conditions (STC: irradiation: 1000 W/m<sup>2</sup>, 25° C, Ambient temperature and the reference spectrum AM 1.5-G). Algebraically, it is given by

$$Ya = E_{DC}/Po \quad (2)$$

### 1.4. The final yeild( Yf)

The final yield is the total energy produced by the PV system, EAC (kWh) with respect to the nominal power installed Po (kWp). This quantity, which represents the number of hours during which the PV field operates at its nominal power, reads as

$$Yf = EAC/Po \quad (3)$$

### 1.5. Losses

- The various losses (LC): The various LC losses are defined as the difference between the reference efficiency and the PV field efficiency. They represent losses due to Panel temperature, partial shading, spectral Loss, staining, errors in research maximum power point, conversions (DC/AC), etc.

$$Lc = Yr - Ya \quad (4)$$

- Avoid system losses by conversion (LS): The losses of the system are due to the converting losses of the inverters (DC-AC). They are defined by the difference between the PV field yield (Ya) and the final yield (Yf.) as follows

$$Ls = Ya - Yf \quad (5)$$

### 1.6. The performance ratio (PR)

The performance ratio PR indicates the overall effect of losses on the energy production of the PV system. The PR values indicate how a PV system approaches the ideal performance under actual operating conditions. PR, which is a dimensionless quantity, is defined by the ratio between the final yield and the reference yield.

$$PR = Yf/Yr \quad (6)$$

### 1.7. Solar PV plant energy efficiency

Solar PV plant energy efficiency is the relation between the electrical energy generated by the solar PV plant and the solar energy falling on the solar modules. Monthly energy efficiency of the solar PV plant is calculated using the relation

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n (E_D)_i}{S \sum_{i=1}^n (G_{opt})_i} \quad (7)$$

n is the number of days in a month. ED is a total amount of the electrical energy generated by the solar PV plant and transmitted to the power grid during the day (Wh), Gop is a total amount

of global solar energy falling during the day on one square meter of the solar PV plant modules (Wh/m<sup>2</sup>). S is a total solar module surface (PV array area) (m<sup>2</sup>).

**1.8. Solar PV plant capacity factor (CF):**

Capacity Factor (CF) is the relation between the real annual electrical energy generated by PV system and the electrical energy which could be generated if the PV solar plant operated with its total installed power 24 h a day over a year. Solar PV plant capacity factor is calculated using the following equation

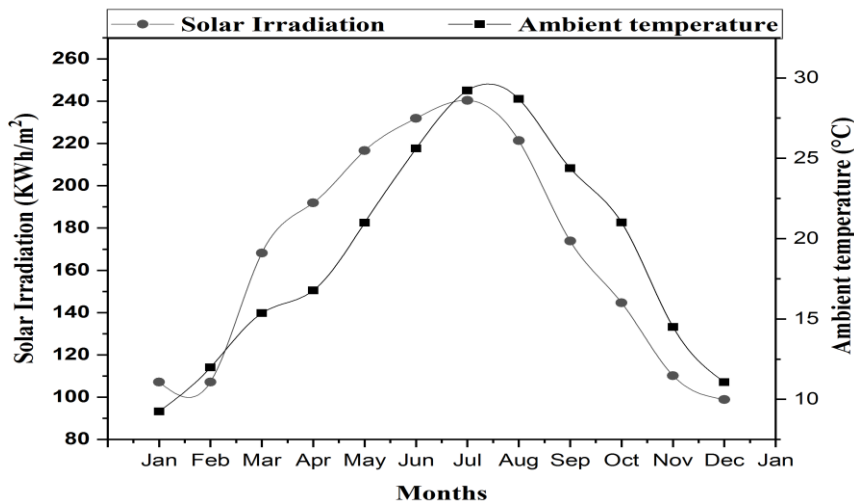
$$CF = \frac{Y_f}{8760(h)} \times 100 \quad (8)$$

**2. Simulation results and discussion**

We have used PVSyst as a simulation tool to analyze the three grid-connected PV systems. PVSyst is a good software package, widely used for the study, design and data analysis of different PV systems including stand-alone, grid-connected, pumping and DC-grid PV systems.

**2.1. Meteorological conditions**

Fig. 3 shows the monthly ambient temperature and the monthly horizontal solar radiation. The reported average annual ambient temperature is 19.11°C. The recorded maximum value of temperature is 29.21 in July and the lowest value was 9.24°C in January. The monthly global horizontal irradiance ranged from 98.9 kWh/m<sup>2</sup> in January to 240.4 kWh/m<sup>2</sup> in July.



**Fig. 3.** The monthly ambient temperature and horizontal solar radiation

**2.2. PV plants production**

Figure 4 shows the comparison between the three photovoltaic systems in terms of the monthly energy fed into the grid. It can be seen that the mc-si plant produce more energy than pc-si and a-si plants. The annual energy injected into the grid by mc-si, pc-Si and a-Si photovoltaic plants was found to be 3733.1 KWh, 3716.5 KWh for and 3543.8 KWh, respectively.



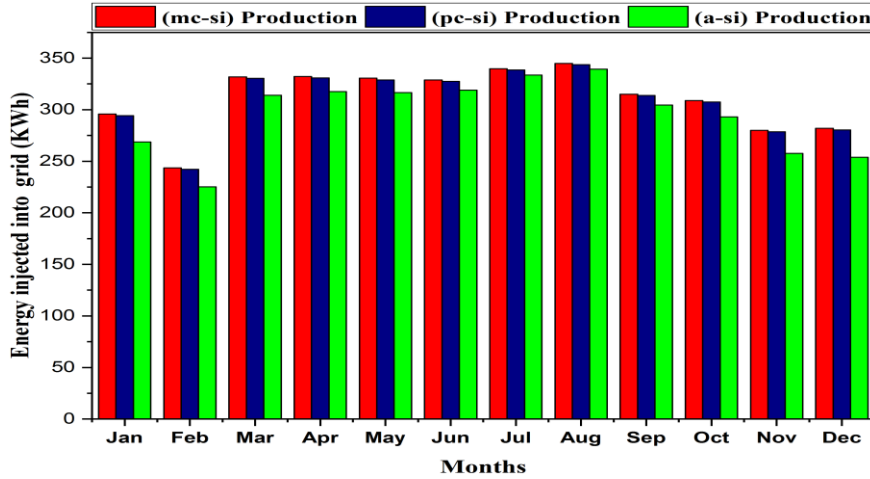


Fig. 4. Power injected into the grid

**2.3. Performance comparison**

Figure 5 shows that the annual average value of performance ratio for the a-Si is nearly 83.8 %, 80.5 % for mc-Si and 80.1 % for pc-Si plant. The highest values of PR are observed in the month of December and January. We can explain this feature by the decreasing in temperature that minimizes the system losses. However, in the hottest months, amorphous silicon (a-Si) photovoltaic plant seems to be the least infected by the high temperature. As presented in Table 1, the three types of PV modules have a different temperature coefficients of power (TCP). The TCP provides a measure of the decrease in produced power due to temperature increase. The TCP for the mc-Si modules and pc-Si modules are -0.45 %/K and -0.41 %/K, respectively. While for a-Si modules, it is -0.280 %/K. According to the lower negative value of the TCP of a-Si panels, the a-Si has shown a higher performance compared to mc-Si and pc-Si fed into the grid. It can be seen that the mc-si plant produce more energy than pc-si and a-si plants. The annual energy injected into the grid by mc-si, pc-Si and a-Si photovoltaic plants was found to be 3733.1 KWh, 3716.5 KWh for and 3543.8 KWh, respectively.

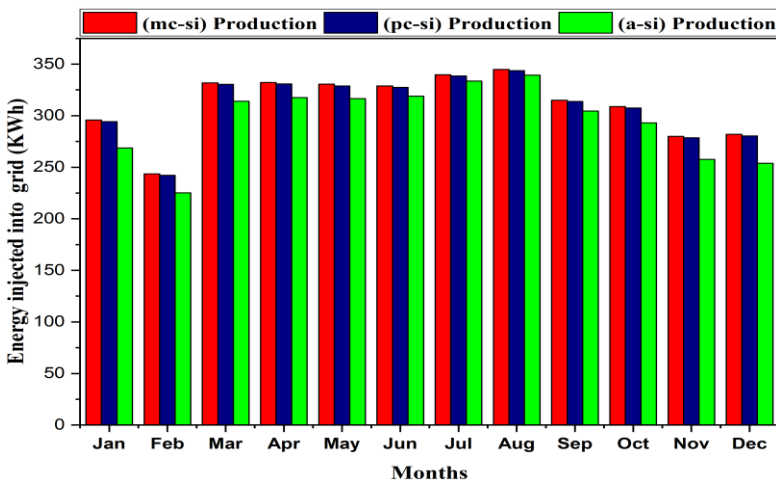


Fig. 4. Power injected into the grid

**2.4. Performance comparison**

Figure 5 shows that the annual average value of performance ratio for the a-Si is nearly 83.8 %, 80.5 % for mc-Si and 80.1 % for pc-Si plant. The highest values of PR are observed in the month of December and January. We can explain this feature by the decreasing in temperature that minimizes the system losses. However, in the hottest months, amorphous silicon (a-Si)

photovoltaic plant seems to be the least infected by the high temperature. As presented in Table 1, the three types of PV modules have a different temperature coefficients of power (TCP). The TCP provides a measure of the decrease in produced power due to temperature increase. The TCP for the mc-Si modules and pc-Si modules are -0.45 %/K and -0.41 %/K, respectively. While for a-Si modules, it is -0.280 %/K. According to the lower negative value of the TCP of a-Si panels, the a-Si has shown a higher performance compared to mc-Si and pc-Si.

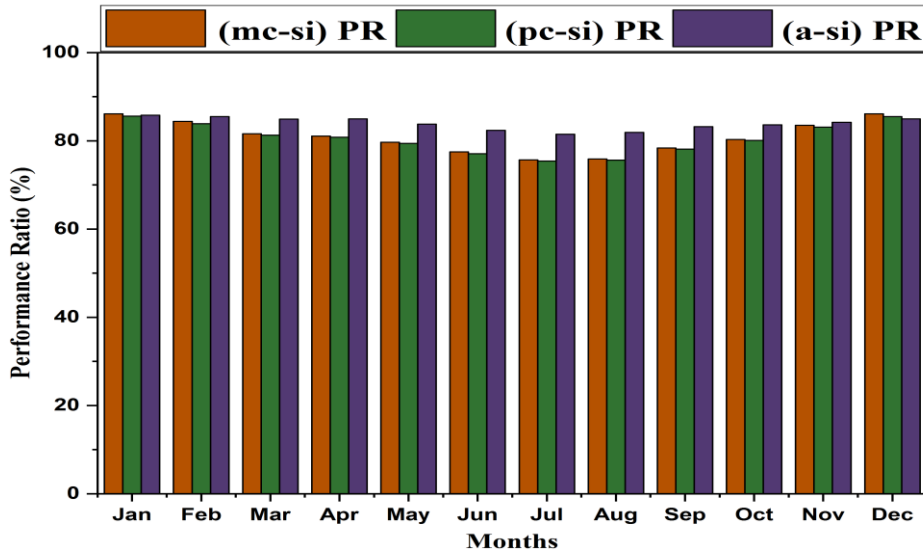


Fig. 5. Annual average value of performance

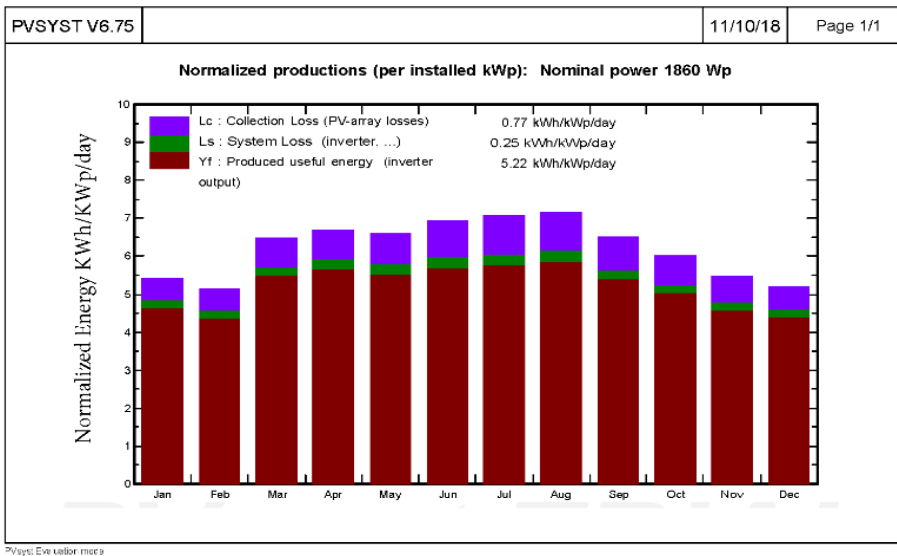


Fig. 6. The final yield and the total losses of the a-Si PV system

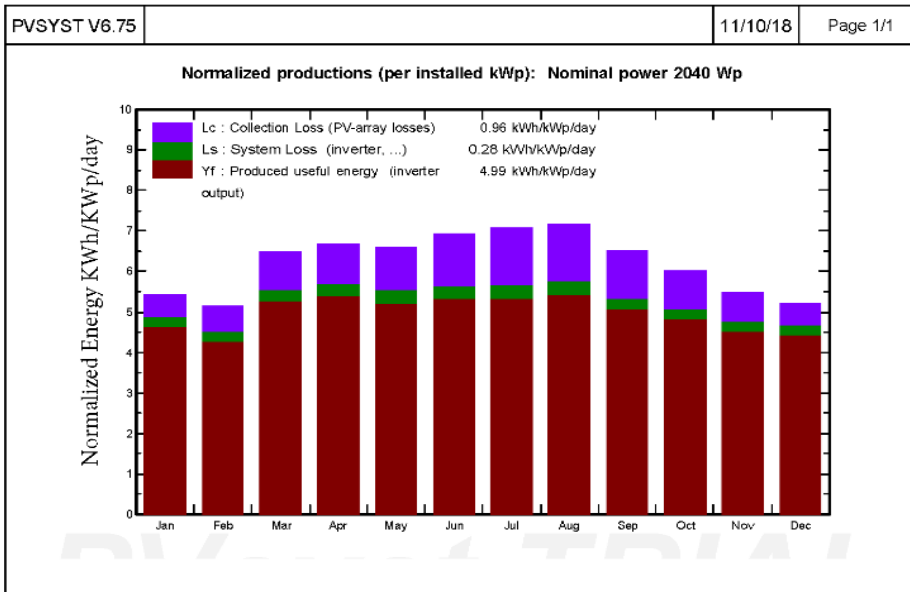


Fig. 7. The final yield and the total losses of the pc-Si PV system

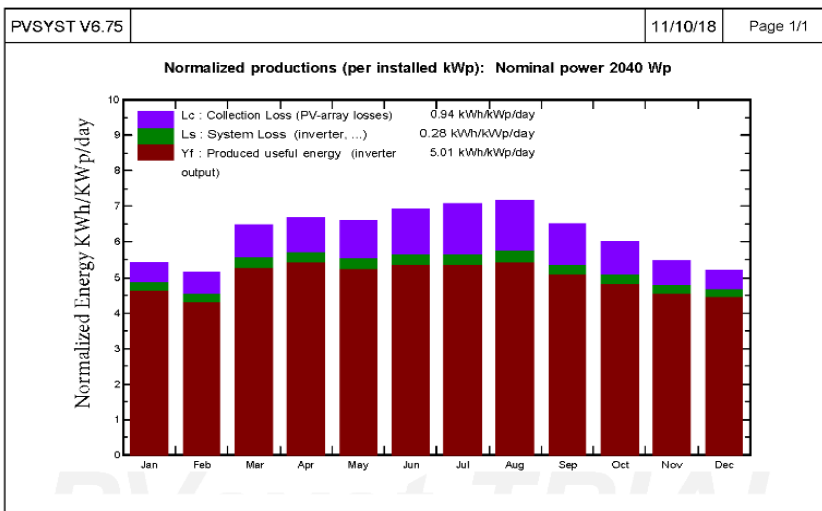


Fig. 8. The final yield and the total losses of the mc-Si PV system

Figures 6, 7 and 8 quantify the system losses and the capture losses. It is shown that the average daily energy losses are more important during the hottest months (summer) that explains the decreases of PR in this period. Concerning the system losses, the annual average value is about 0.28 KWh/KWp/day for pc-si and mc-si, and 0.25 h KWh/KWp/day for a-Si plant. The annual average value of the capture losses is found to be 0.77 KWh/KWp/day, 0.96 KWh/KWp/day and 0.94 KWh/KWp/day for the a-Si, pc-Si and mc-Si, respectively. It can be seen that the most important losses of the three systems reside at the capture level caused by the irradiance and the array temperature.

The average final yield (YF) predicted for the a-si, mc-si and pc-si PV systems, during a period of one year, was 5.22 KWh/KWp/day, 5.01 KWh/KWp/day and 4.99 KWh/KWp/day, respectively.

### 2.5. Monitered data

It seems essential to introduce the meteorological parameters recorded during the year of 2017, to analyse the results of the present work. In particular, Figure 9 represents the variation of the solar radiation on the module plane and the ambient temperature.

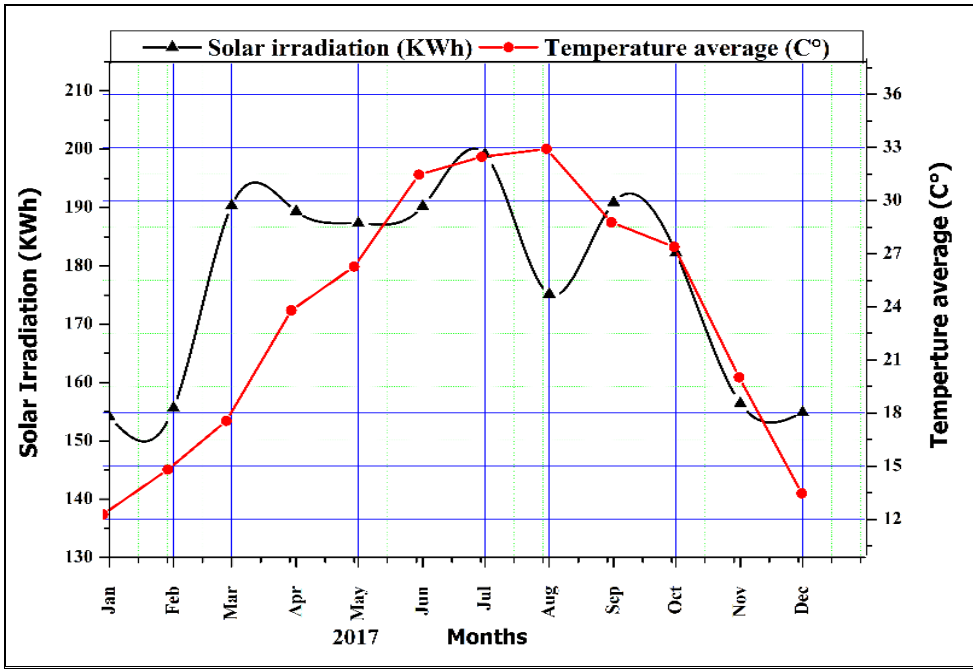


Fig. 9. Monthly solar irradiation on the module plan and average temperature

It follows from Figure 9 that the monthly irradiation on the module plan ranges from 154 kWh/m<sup>2</sup> to 199 kWh/m<sup>2</sup>. The highest irradiance is witnessed in the months of July 2017, while the lowest one is recorded in January 2017. It is observed that the average monthly ambient temperature ranges from 12.27 °C in January 2017 to 32.9 °C in August during the trial period.

In what follows, we will discuss each performance parameter of our system. It is recalled that our PV system is built from three PV plants according to the silicon technologies. Taking such PV systems installed in the same location and using the same or different mounting structures, the Final Yield (Yf) is a sufficient indicator to compare their performance.

Concretely, Figure 10 shows the evolution of the Yf during the year of 2017.

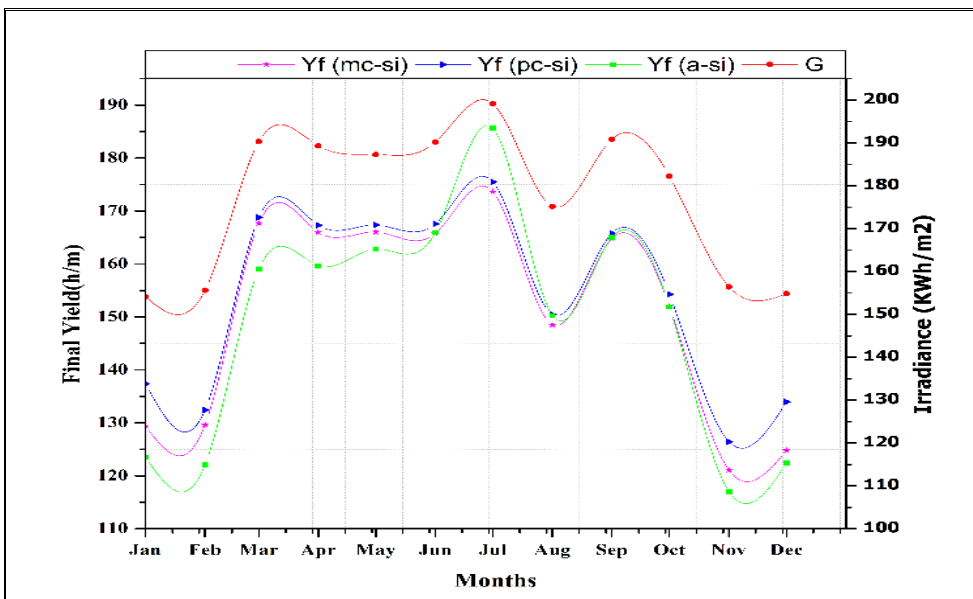
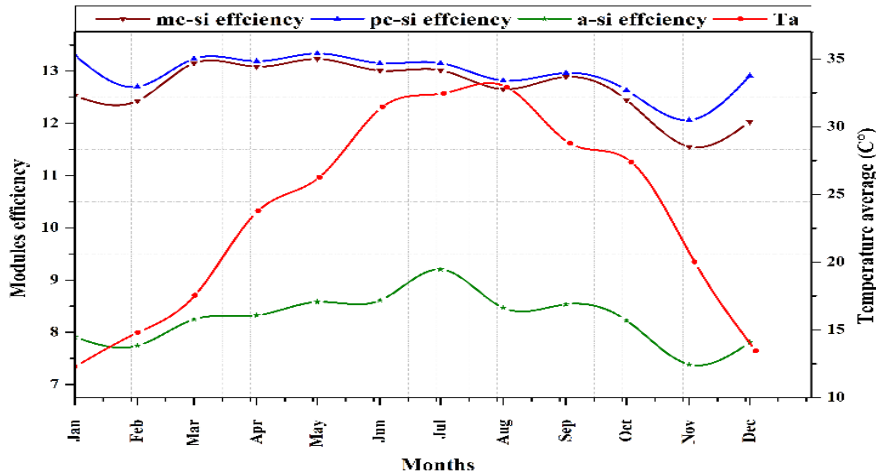


Fig. 10. Monthly Final Yield variation with solar irradiation

We can remark that the monthly average value of Yf is nearly 153 h/year for pc-si, 150 h/year for mc-si and 148 h/year for a-si. The highest value of Yf is found to be 175 h/m in the month of

July (the more irradiated month) and the lowest Yf is 126 h/m in the month of November (the less irradiated month) for pc-si. In the same months for mc-si the highest value of Yf is 173 h/m and the lowest is 121 h/m making an average value in the order of 150 h/year. concerning the a-si plant, the highest value of Yf is 185 h/m recorded in July, and the lowest one is 117 h/m in January, the annual average value is 148 h/year. so, under the same meteorological and geographical conditions, Polycrystalline silicon Photovoltaic technology showed the highest Final Yield value, it operates in its rated output power for 1847 hours in 2017 compared to 1809 h/year and 1785 h/year of monocrystalline and amorphous, respectively. It would seem interesting to mention that the Amorphous silicon technology has recorded, in July, the highest number of hours, it was of about 185 h of operation in its rated output power, which is unexpected.

To investigate the PV plant efficiency, we illustrate the associated calculations in [Figure 11](#).

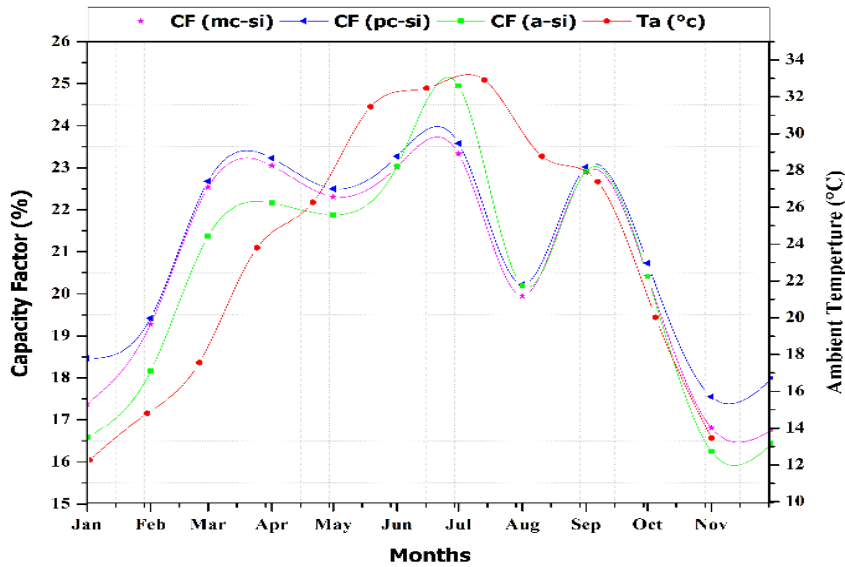


**Fig. 11.** The modules efficiency evolution with the ambient temperature

[Figure 11](#) shows that mc-si PV array efficiency varies between 11.5 % in November and 13.23 % in May with higher values during more irradiated months. pc-si PV array efficiency took the values between 12.06 % and 13.33 % recorded in November and May, respectively. While, the a-si PV array efficiency was found to be confined between 7.38 % and 9.21 %. These values were recorded in January and July, respectively.

In this analysis, the most efficient of the three PV technologies is the pc-si modules, with average efficiency value of 12.9 %. The next one was the mc-si modules, with average value of 12.65 %. The lowest efficiency is observed for the a-si technology with average value of 8.2 %.

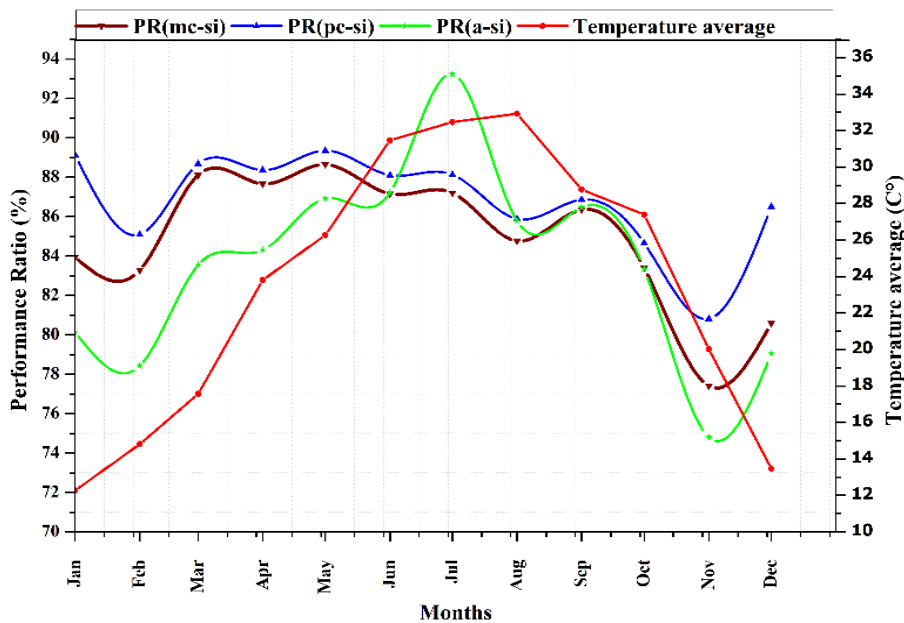
Next, we discuss the Capacity Factor in terms of the temperature. It is recalled that the Capacity Factor shows the fraction during one year, when the PV system is operating at it rated power. The associated calculations, for our systems, are given in [Figure 12](#).



**Fig. 12.** The monthly capacity factor variations with the ambient temperature

It can be seen from [Figure 12](#) that the Maximum values are 24.95 %, 23.58 % and 23.33 % for the a-si, pc-si and mc-si, respectively, which were recorded in July which coincides to the more irradiated month. While, the minimum values found to be 16, 25 %, 17,55 % and 16,77 % in November for the a-si, pc-si and mc-si, respectively.

In what follows, [Figure 13](#) shows the average monthly ambient temperature and Performance Ratio of the three PV technologies tested over the monitoring period.



**Fig. 13.** The performance ratio evolution with the ambient temperature

The PR of the modules made of pc-si cells undergoes the smallest fluctuations over the monitoring period. It falls between 89.35 % and 80.81 %. The fluctuations of the monthly performance of the mc-si technology is slightly higher, where it falls between 88.65 % and 77.41 %. The PR of the modules made of a-si cells have been fluctuated widely between 93.24 % and 74.8 %. The average monthly PR of pc-si, mc-si and a-si technologies are quantifiable at 86.80 %, 84.87 % and 83.60 %, respectively.

The PR of the pc-si, mc-si and a-si modules, generally, decreases when the ambient temperature increases. In June, July and August when temperature reach high values, the PR of the mc-si and pc-si technologies reach the minimum values. On the contrary, a-si modules are characterized by low temperature coefficients on power and that why it is affected only slightly by the increase of the operating temperature in the warmer months. The a-si module, at high temperatures, it can recover some of the efficiency initially lost due to light-induced degradation that what we can see in Figure 13 and Figure 14.

As result it achieves superior performance over other technologies during the warmer months in December, January and February when temperature reach the lowest values, the Performance Ratio of the pc-Si and mc-si technologies reach the Maximum values with a large fluctuation. in March, April and May when temperature ranges from 18°C to 29°C the Performance Ratio of pc-si and a-si modules records high values with small fluctuations.

The Performance Ratio represents the overall losses on the rated output of the PV plant which can be resulted from the module temperature effects, the wiring, the inverter inefficiencies, the component failures etc. The effect of the Capture Losses on the Performance Ratio can be illustrated in Figure 14.

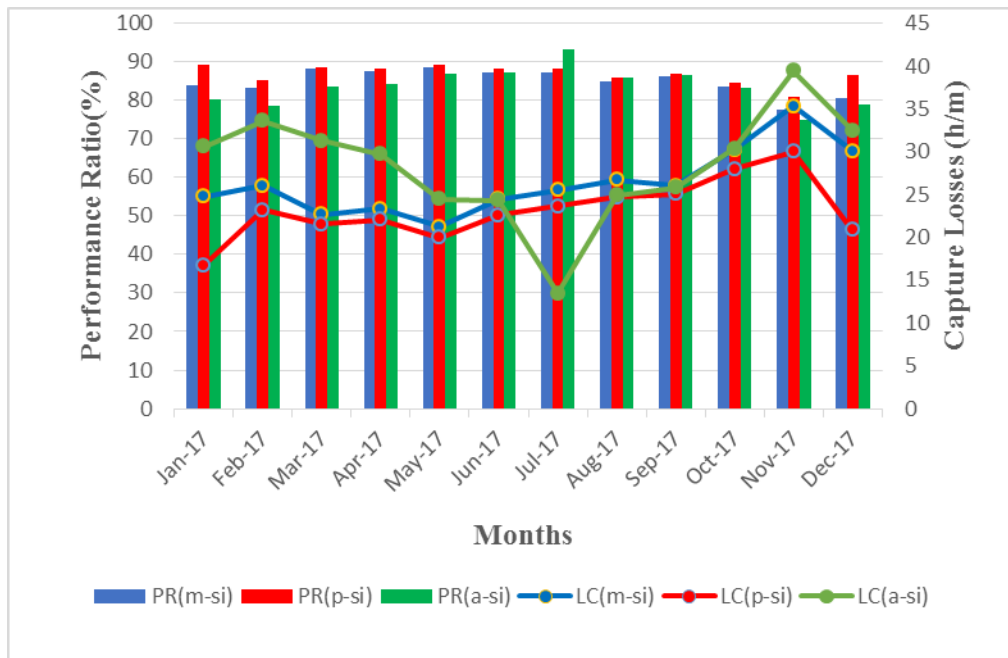


Fig. 14. The capture losses effect on the performance ratio

Figure 14 shows the effect of Capture Losses (Lc) on each Photovoltaic plants’ performance. The low PR values observed for Amorphous technology are due to high Capture Losses. It is easy to see that Polycrystalline technology records the lowest values of Lc especially during the cold months. Monocrystalline technology shows the same behavior as Polycrystalline technology but with more losses. In contrast with the Polycrystalline and the Monocrystalline, the Amorphous technology records high losses values during the cold and less insolated months, and it gains energy during the wormer months.

#### 4. Conclusion

In this paper, we have simulated the electrical production behavior of three mini photovoltaic installations based on silicon technology. This study forecasts an annual production of around 3733.1 kWh, 3716.5 kWh and 3543.8 kWh for the mc-Si, pc-Si and a-Si technologies, respectively. The performance analysis is carried out showing that the annual average value of PR for the a-Si is nearly 83.8 %, 80.5 % for mc-Si and 80.1 % for pc-Si plant. The annual average value of the system losses is about 0.28 KWh/KWp/day for pc-Si and mc-Si, and 0.25 KWh/KWp/day for a-si plant. The annual average.

## References

- [Aarich et al., 2018](#) – Aarich N., Raoufi M., Bennouna A., Erraissi N. (2018). Outdoor comparison of rooftop grid-connected photovoltaic technologies in Marrakech" (Morocco). *Energy & Buildings*. DOI: 10.1016/j.enbuild.05.03
- [Allouhi et al., 2016](#) – Allouhi A., Saadani R., Kousksou T., Saidur R., Jamil A., Rahmoune M. (2016). Grid-connected PV system installed on institutional buildings: Technology comparison, energy analysis and economic performance. *Energy and Buildings* DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.08.054>
- [Anon et al., 1998](#) – Anon (1998). Photovoltaic system performance monitoring-guidelines for measurements, data exchange and analysis. IEC 61724.
- [Eltawil et al., 2010](#) – Eltawil A., Mohamed, A., Eltawil Mohamed, Zhengming Zhao (2010). Grid-connected photovoltaic power systems: technical and potential problems – a review. *Renew Sustain Energy Rev.*, 14: 112-29.
- [Huld et al., 2011](#) – Huld T., Gottschalg, R., Beyer, H.G., Topic, M. (2010). Mapping the performance of PV modules, effects of module type and data averaging. *Sol. Energy*, 84: 324-338.
- [Kymakis et al., 2009](#) – Kymakis E., Kalykakis Sofoklis, Papazoglou Thales M. (2009). Performance analysis of a grid connected photovoltaic park on the island of Crete. *Energy Conversion and Management*, 50: 433-438.
- [Leloux et al., 2012](#) – Leloux J., Narvarte L., Trebosc D. (2012). Review of the performance of residential PV systems in Belgium. *Renew Sustain Energy Rev.*, 16: 178-84.
- [Makrides et al., 2009](#) – Makrides G., Zinsser, B., Georghiou, G.E., Schubert, M., Werner, J.H. (2009). Temperature behaviour of different photovoltaic systems installed in Cyprus and Germany. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 93, 1095-1099.
- [Makrides et al., 2012](#) – Makrides G., Zinsser, B., Phinikarides, A., Schubert, M., Georghiou, G.E. (2012). Temperature and thermal annealing effects on different photovoltaic technologies. *Renew. Energy*, 43: 407-417.
- [Monokroussos et al., 2011](#) – Monokroussos C., Bliss, M., Qiu, Y., Hibberd, C., Betts, T., Tiwari, A., Gottschalg, R. (2011). Effects of spectrum on the power rating of amorphous silicon photovoltaic devices". *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*, 19, 640-648I.
- [Philipps et al., 2018](#) – Philipps Simon (2018). Fraunhofer Institute of Solar Energy Systems ISE: Photovoltaics Report.
- [Radziemska et al., 2003](#) – Radziemska E. (2003). The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells. *Renew. Energy*, 28: 1-12.
- [Sharma et al., 2013](#) – Sharma V., Kumar Arun, Sastry O.S., Chandel S.S. (2013). Performance assessment of different solar photovoltaic technologies under similar outdoor conditions. *Energy*, 58: 511-518.
- [Strobel et al., 2009](#) – Strobel M.B., Betts, T.R., Friesen, G., Beyer, H.G., Gottschalg, R. (2009). Uncertainty in Photovoltaic performance parameters – dependence on location and material. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 93: 1124-1128.
- [Zinßer et al., 2008](#) – Zinßer B., Makrides, G., Schubert, M., Georghiou, G., Werner, J.H. (2008). Temperature and intensity dependence of twelve photovoltaic technologies. *Proceedings of the 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, pp. 3249-3252.



Copyright © 2019 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  
 2019, 5(1): 17-26

DOI: 10.13187/rjar.2019.1.17  
[www.ejournal28.com](http://www.ejournal28.com)



## Comet Hazard

Vladimir P. Kulagin <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> RTU MIREA, Russian Federation

### Abstract

The article explores the problem of comet hazard. This problem is isolated from the problem of asteroid-comet hazard due to essential features. Features comets are described in the article. The classification of comets is given in the work. The article analyzes the origin of comets. The structure of the comet is investigated in the aspect of the object that poses a threat in collision with the Earth. As an example, four famous comets are considered. The article reveals the content of the information approach to the study of the problem of comet hazard. The article identifies the main objectives of the information approach: informational description of comets, dynamic modeling of the behavior of comets, forecasting the situation with a comet, cataloging dangerous space bodies.

**Keywords:** space research, comets, space threats, space body, comet hazard.

### 1. Введение

Важность проблемы астероидно-кометной опасности (АКО) (Tsvetkov, 2016; Kulagin, 2017), в иностранной литературе называемой NEO problem является общепризнанной (Micheli et al., 2016; Perna et al., 2018). Проблема опасности от возможного взаимодействия небесных тел с Землей были признаны ООН несколько десятилетий назад. В числе космических угроз (www.businessinsider.com) выделяют три основные проблемы (Kulagin, 2017): астероиды и кометы, экстремальные солнечные события и орбитальный космический мусор (Barmin et al., 2014). Астероиды и кометы объединяют в одну группу, которую называют группой астероидно-кометной опасности (АКО) (Катастрофические воздействия небесных тел, 2005). Существует различие между астероидной и кометной опасностями. Для астероидов характерно ударное воздействие, для комет ударное и экологическое. Столкновение с небольшим астероидом или кометой при определенных условиях может создать глобальные последствия. Прохождение хвоста комета через атмосферу Земли может вызвать экологические последствия. Проблема кометной опасности комплексная. Структурно ее можно разбить на следующие части: исследование генезиса; проблема идентификации; проблема логического моделирования последствий и оценки риска; проблема противодействия и уменьшения ущерба; проблема организации взаимодействия сообществ. В работе мы кратко обсудим состояние проблемы по кометной опасности с выделением основных факторов.

Цель исследования – анализ проблемы кометной опасности.

\* Corresponding author  
 E-mail addresses: [vpkulagin@mail.ru](mailto:vpkulagin@mail.ru) (V.P. Kulagin)

## 2. Материалы и методы

В качестве материала использовались исследования в области анализа комет, угроз их столкновения с поверхностью Земли, угроз их прохождения через атмосферу Земли. Основой методики исследования является системный анализ, информационный подход и методы сравнительной планетологии (Tsvetkov, 2018).

## 3. Результаты

### Классификация

Классификацию комет проводят по астрономическим и временным критериям. В астрономическом аспекте кометы классифицируют по периоду обращения вокруг Солнца. Это дает возможность выделить короткопериодические и долгопериодические кометы. Периодичность комет лежит в очень широких пределах – от нескольких лет до десятков и даже сотен миллионов. Короткопериодическая комета имеет период обращения менее 200 лет. Долгопериодическая комета формально имеет период обращения более 200 лет. Долгопериодические кометы фактически могут иметь периоды обращения в сотни тысяч лет. Временной критерий характеризует возраст существования кометы.

### Происхождение

Кометы приходят с далеких окраин Солнечной системы. По оценкам более 100 миллиардов кометных ядер населяют окраины, которые отстоят от Земли на четыре порядка дальше, чем Солнце. Существует предположение, что кометные ядра образовывались синхронно со всей Солнечной системой. В силу этого существует вероятность, что они могут содержать образцы первичного вещества, из которого образовались планеты и их спутники. Эти первозданные свойства ядра комет могли сохранить благодаря своему отдалению от Солнца и больших планет. Гипотезы захвата комет из межзвездного пространства также существовали

В 1950 году Ян Оорт, исследуя ряд долгопериодических комет, обнаружил, что их афелии концентрируются вблизи границы Солнечной системы. На основе этого факта Оорт еще раз обосновал идею Эпика о хранилище кометных ядер на "окраине" Солнечной системы. Из его исследований вытекало, что зона, оккупированная кометами, простирается в поясе от 30 до 100 тыс. а. е. от Солнца. Кометы являются наиболее старыми объектами в Солнечной Системе, оставшимися со времени её формирования из протопланетного облака.

Считают, что большинство комет появляются из периферии солнечной системы. Это зона на расстоянии примерно от 0,5 до 2 или даже 3 световых лет от Солнца, иначе говоря, до границы его гравитационного влияния, которую называют облако Оорта. Она имеет сферическую форму и предположительно содержит нескольких триллионов кометных ядер, суммарную массу которых оценивают в сорок масс Земли.

Ещё несколько миллиардов комет предположительно находятся, за орбитой Плутона в поясе Койпера. Орбиты комет зависят от возмущений планет-гигантов (Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна). Именно эти планеты на ранних стадиях формирования солнечной системы вывели часть кометных ядер на гравитационную границу Солнца, а теперь эпизодически втягивают их во внутреннюю часть системы.

Многие из орбит проходят под большими углами к эклиптике. Столкновения Земли с кометными ядрами, видимо, не столь уж редки - по одним данным они происходят в среднем раз в 55 тыс. лет для комет с ядром размером свыше 130 м, по другим раз в 150-300 лет для комет размером порядка 100 м.

### Эволюция

В процессе многократных прохождений вблизи Солнца кометы либо становятся похожими на астероиды, либо рассеиваются, превращаясь в метеорные потоки. Количество вновь открываемых комет растет. Частично это происходит из-за повышения разрешающей способности наземных обсерваторий и увеличения наблюдательных возможностей. По оценкам наблюдений поток комет во внутренние области Солнечной системы не ослабевает. Поэтому, логично полагать, что взамен исчезающих комет откуда-то постоянно «приходят» новые.

### Кометы как объекты исследований

Полагают, что ядра комет представляют собой покрытые тёмной органической коркой соединения рыхлого льда, состоящие из водяного и замороженных газов, с включениями

камней и пыли. При подходе к Солнцу на расстояние до миллиарда километров корка прогревается (сотни градусов) и лёд начинает испаряться отдельными струями.

Вследствие этого процесса вокруг ядра образуется большое разреженное облако – кома. Дальнейшее сближение с Солнцем приводит к активизации фотохимических процессов в ядре и образованию пылевого, газового и ионного хвоста или хвостов. Ионный хвост направлен строго от Солнца, пылевой тянется за кометой по её орбите, слегка сдуваемый солнечным ветром, газовый, состоящий в основном из водорода, занимает промежуточное положение. Длина кометного хвоста достигает сотни миллионов километров, голова кометы может превосходить размеры Солнца. Диаметр твёрдой части – ядра – составляет всего несколько километров, а масса – сотни миллиардов тонн. Встречаются кометы, не имеющие хвоста или имеющие хвост без головы.

Классиками теории комет являются русский учёный Фёдор Бредихин, который в 60-х годах XIX века разработал подробную математическую модель, описывающую поведение кометных хвостов, и голландский астроном Ян Оорт, предложивший в 30-х годах XX века теорию происхождения комет.

#### **Комета Галлея**

Эдмунд Галлей доказал, что движение комет периодически. Он предсказал появление этой кометы в 1758 г. (хотя сам до этого не дожил). На рис.1 ядро кометы Галлея, имеющей периодичность около 77 лет, сфотографировано европейским аппаратом "Джотто" в 1986 г. вскоре после прохождения кометой самой близкой к Солнцу точки. Естественно, что такая комета относится к короткопериодическим кометам.



**Рис. 1.** Комета Галлея

Ядро этой кометы размером 16x8x8 км покрыто тёмной коркой (альbedo всего 4 %), из под которой фонтанирует газ. При изучении комы и ядра с пролётных аппаратов

(советских, японских и европейского) оказалось, что основная масса вещества выбрасывается несколькими узкими (расходимость порядка 10 градусов) струями из небольших по диаметру "сопел", занимающих в общей сложности примерно 20 % освещённой Солнцем стороны, со скоростью 0,8 км/сек.

Состав выбрасываемого газа примерно такой: 80 % водяного пара, 10 % угарного газа, 3 % двуокиси углерода, 2 % метана, 1,5 % аммиака и небольшое количество других газов. Вместе с газом выбрасывается до трети по массе пыли и мелких твёрдых частичек с малой плотностью, содержащих большое количество органики (вроде бензина, толуола, пурина, этанола и проч.). Получаемой от Солнца энергии недостаточно, чтобы обеспечить и половину выделяемой кометой энергии. Форма струй указывает на наличие длинных сужающихся в глубине ядра каналов, через которые происходит выброс вещества.

Ядро кометы Галлея имеет объём примерно 500 км<sup>3</sup>, массу порядка 100 млрд тонн и плотность всего 0,2 г/см<sup>3</sup> (как у пробки). Лет через пять после прохождения перигелия, когда комета находилась уже между орбитами Сатурна и Урана (и уже год как потеряла свою кому) она неожиданно вспыхнула, увеличив свою яркость примерно в 300 раз. Вокруг неё образовалось огромное пылевое облако, которое какое-то время продолжало держаться. Некоторые учёные склоняются к мысли о наличии в ядре кометы (хотя бы этой) собственного источника энергии.

### **Комета Боррелли**

Ядро кометы Боррелли (Borrelly), сфотографированное американским зондом "Deep Space 1" 22 сентября 2001 г. с расстояния 2 170 км ([Рисунок 2](#)).

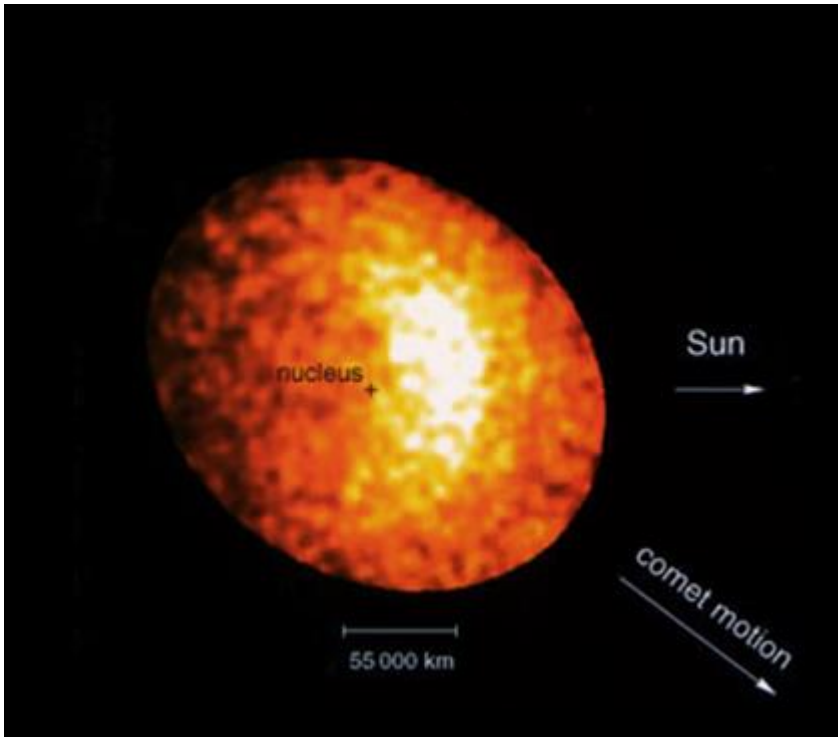


**Рис. 2.** Комета Боррелли

Разрешение составляет около 50 м на пиксель. Ядро имеет длину примерно 8 км, т.е. сравнимо с ядром кометы Галлея, однако в отличие от неё, Borrelly имеет период всего 6,8 года – то есть также является короткопериодической. Бросается в глаза отсутствие кратеров и очень неравномерная и контрастная окраска ядра кометы. Самые светлые области являются источниками газопылевых струй. В результате этого пролёта учёные обнаружили, что облако вокруг кометы несимметрично и ядро значительно смещено относительно центра комы. Также измерена температура заряженных частиц, вылетающих из кометного ядра, на расстояниях от 90 000 км до 2 000 км. Она оказалась равной примерно 1 млн. км.

### Комета Хиакутакэ

На [Рисунке 3](#) фотография головы кометы Хиакутакэ, сделанная в рентгеновских лучах немецким спутником-обсерваторией ROSAT.



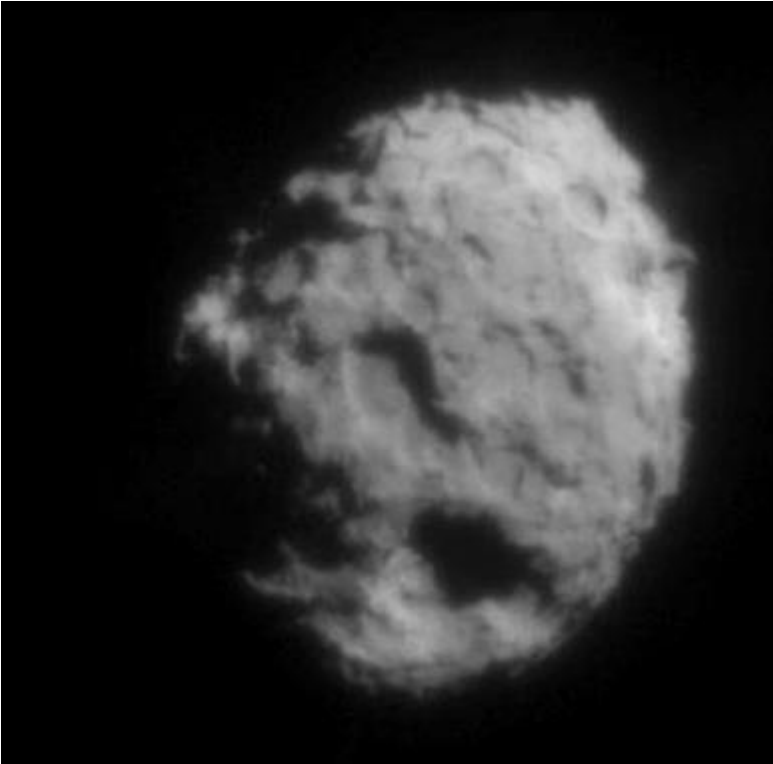
**Рис. 3.** Комета Хиакутакэ

Когда комета находилась примерно в 15 млн. км от Земли, учёные попытались получить её рентгеновский снимок, рассчитывая на многочасовую выдержку при съёмке, так как теоретически кометы должны излучать в этом диапазоне очень слабо. Неожиданно для них оказалось, что комета светится на два порядка интенсивнее и для получения снимка достаточно нескольких минут. Кроме того, наблюдались сильные изменения в яркости рентгеновского излучения, как в меньшую, так и в большую сторону, происходившие всего за несколько часов. Как видно из фотографии, наиболее интенсивно излучает область перед ядром (примерно в 30 000 км от него), имеющая форму полумесяца, обращённого к Солнцу. Удовлетворительных объяснений этому явлению пока не нашли. Внизу та же комета, сфотографированная с помощью обычного телескопа. Хиакутакэ относится к долгопериодическим кометам.

### Комета Вайлд 2

31 декабря 2003 года зонд Stardust вошёл в кому этой кометы, собрал частички кометной пыли и сделал 72 фотографии. Капсула с частичками пыли должна вернуться на Землю в январе 2006 года. На [рис. 4](#) фотография кометы.

Это короткопериодическая комета открыта в 1978 году. Она имеет возраст более 4.5 миллиардов лет. До 1974 года комета имела орбиту большими эксцентриситетом и большой полуосью и находилась практически все время во внешней Солнечной системе, но после прохода около Юпитера орбита изменилась. Ее период уменьшился с 40 до 6 лет, а величина большой полуоси составляет 1.6 астрономических единиц. В 2004 году к комете приблизился зонд Стардаст, который собрал образцы ее вещества и сделаны снимки хвоста и поверхности.



**Рис. 4.** Комета Вайлд 2

### **Опасность**

Уже в конце XVII в. высказывались предположения о возможных столкновениях комет с Землей и неизбежном в результате такого столкновения «конце света». Хотя опасных для Земли комет гораздо меньше, чем АСЗ, динамические и физические особенности комет таковы, что опасность эта вполне реальна. Так как фактор внезапности, непредсказуемости появления играет важную роль, то наибольшую опасность представляют параболические и близпараболические кометы. Среднее количество таких комет, открываемых в год, за последние несколько лет составило 10-15. Наклоны орбит этих комет могут принимать значения от 0 до  $180^\circ$  (в отличие от короткопериодических комет, наклоны орбит которых невелики), а это означает, что для части комет возможно столкновение с Землей на встречных курсах. При этом скорость столкновения может достигать 72 км/с.

Потенциально опасными могут считаться кометы, перигельные расстояния которых меньше 1.3 а. е. Статистика показывает, что наибольшее количество таких комет находится на параболических и около параболических орбитах. Это означает, что такие кометы впервые в истории человечества оказываются в области внутренних планет Солнечной системы. По оценкам специалистов, столкновения Земли с такими кометами случаются примерно один раз в 175 млн лет. Учет около параболических и гиперболических комет увеличивает частоту столкновения с непериодическими кометами и кометами очень долгих периодов до примерно одного столкновения за 110 млн лет.

При оценке опасности применяют термин импактное событие или импакт. Импактное событие (англ. *impact* — «удар, столкновение») идентифицируют как столкновение крупного метеорита, астероида, кометы или иного небесного тела с Землей или другой планетой или спутником. На месте такого столкновения, как правило, образуется кратер.

Импактные события для Земли могут быть разрушительны, так как способны вызвать пожар, землетрясение или цунами (Popescu et al., 2018). По некоторым теориям, именно крупнейшие импактные события стали причиной массовых вымираний. Импактные события преобразуют горные породы в процессе, называемом импактным, или ударным метаморфизмом. С этим процессом связаны некоторые месторождения полезных

ископаемых, к примеру, залежи меди и никеля в кратере Садбери и золотоносные породы гор Витватерсранд.

Пока при прохождении Земли через кометные хвосты не было замечено никаких, даже самых незначительных эффектов. Однако достаточно одной кометы с хвостом, содержащим негативные для атмосферы Земли вещества, чтобы бы жизнь человечества прервалась.

Опасность для Земли также представляют кометные ядра. Часто приводят ссылки на явление «Тунгусского метеорита (объекта)», случившееся 17 (30) июня 1908 г. в безлюдном районе Сибири, в бассейне реки Подкаменная Тунгуска, что и определило название данного события. Событие характеризовалось мощным взрывом в атмосфере, на высоте около 10 км. Энергия взрыва составила  $10^{16}$ – $10^{17}$  Дж, что эквивалентно 10-мегатонной бомбе. В результате взрыва произошел массовый вывал леса в радиусе 15–30 км. Пока ни вещества небесного тела, ни кратера от его падения найдено не было. Отсутствие найденных космических обломков стало одним из основных аргументов в пользу кометной природы Тунгусского тела. Если оно состояло из замерзших летучих веществ, то могло полностью испариться при резком торможении и взрыве в земной атмосфере. Астрономы И.Т. Зоткин и Л. Кресак независимо показали, что координаты радианта Тунгусского метеорита (т.е. направление, откуда он двигался) совпадают с координатами радианта метеорного потока Таурид, связанного с кометой Энке (2P/Encke).

Наибольшую опасность для биосферы Земли представляют массивные долгопериодические кометы. Они реже попадают в зону планет земной группы, примерно в десять раз по сравнению с короткопериодическими. Однако их появление может быть неожиданным из-за произвольной ориентации плоскостей орбит и больших периодов обращения. На встречных траекториях скорость столкновения этих комет с Землей высока — до 72 км/с, Их энергия при столкновении может вызвать колоссальный взрыв.

Предполагают, что одно из самых массовых вымираний флоры и фауны за последние 230 млн. лет произошло 65 млн. лет назад. И имело космическую причину. Тогда исчезло около 2/3 всех биологических видов, включая динозавров. С этим же моментом в геологических отложениях связан слой с повышенным содержанием очень редкого на Земле элемента иридия.

Ученые Л. Альварес и С. Ванденберг показали, что содержание иридия в тот период на земной поверхности могло резко увеличиться в результате падения крупного кометного ядра, имевшего повышенное содержание этого элемента. Был даже найден кратер с подходящим возрастом и соответствующими морфологическими особенностями, который мог при этом образоваться. Это кратер Чиксулуб диаметром 180 км. на полуострове Юкатан в Мексике. Но причиной вымирания стала не повышенная концентрация иридия, а сильнейший взрыв при столкновении кометного ядра с Землей, который привел к выбросу в атмосферу огромного количества пыли.

Глобальное запыление атмосферы неизбежно приводит к резкому падению температуры ее нижних слоев (на 10–15°C), так как пыль экранирует солнечные лучи. Такое изменение средней температуры может сохраняться до 1 года, вызывая эффект «ядерной зимы» (неизбежный при массовом применении ядерного оружия, откуда и родилось его название). Вполне вероятно, что такой эффект, вызванный падением крупного кометного ядра или астероида, привел 65 млн. лет назад к катастрофической гибели живых организмов.

Еще одно событие характеризует реальности столкновения с кометой. Оно произошло в июле 1994 г., когда в Юпитер врезались фрагменты кометы Шумейкеров-Леви-9. Ее обнаружили в окрестности Юпитера в начале 1993 г. уже после того, как она распалась на 20 фрагментов, цепочкой растянувшихся вдоль орбиты. Вероятно, это кометное ядро было разорвано на части приливными силами Юпитера в момент близкого прохождения мимо него. Падение обломков кометы размером от 1 до 10 км со скоростью около 60 км/с происходило с 16 по 22 июля 1994 г. Эффект был грандиозным. Следы взрывов в виде огромных темных пятен остались в атмосфере Юпитера.

Но столкновения с кометами могут приводить не только к катастрофам. Ряд ученых считает, что сразу после своего формирования охладившаяся поверхность Земли была очень суха (как сейчас лунная), и что практически вся вода и другие летучие соединения были принесены на Землю ядрами комет.

### Информационный подход к анализу комет

Широкое применение информационных технологий приводит к необходимости применять методически информационный подход для анализа опасных комет. Информационный подход выявляет три задачи исследования комет: создание моделей для формального описания комет, решение задач математического моделирования динамики комет, создание моделей технологий исследования комет. Для моделирования комет необходимо использовать уже проверенные информационные модели и методы их конструирования. Это идеология применения более простых информационных единиц для построения составных информационных единиц. Для моделирования воздействия комет необходимо использовать модели информационных ситуаций (Tsvetkov, 2012), в которых может находиться комета в процессе взаимодействия с другим объектом. Импакт можно рассматривать как динамическую информационную ситуацию.

Для анализа комет в информационной ситуации необходимы модели, сравнительной планетологии. Концептуально аспекты взаимодействия могут быть отражены процессуальными информационными конструкциями (Rozenberg, 2016), которые выражают отношение и структуру таких взаимодействий. При эвристическом анализе необходимо использовать виртуальное моделирование (Deshko, 2016).

Для систематизации и сопоставления информационных моделей и информационных конструкций необходимо применять модели информационных единиц. Информационные единицы (Tsvetkov, 2014a) играют роль алфавита в теории информационного моделирования и позволяют находить общее и различие в различных информационных моделях, описывающих ОКТ и процессы, в которых они участвуют.

Информационный подход позволяет выделить информационные задачи кометной опасности. Это четыре основные задачи: создание адекватного информационного описания, проведение динамического моделирования, выполнение прогнозирования, каталогизация опасных космических тел, включая кометы.

### 4. Обсуждение

Часть ученых рассматривает кометную опасность упрощенно. Принимая во внимание только фактор столкновения. В силу этого мало ведутся работы по моделированию загрязнения атмосферы кометой, хотя работы по загрязнению атмосферы в случае ядерной войны ведутся. Но воздействие загрязнения кометы родственно и последствия ядерной войны и тепловой катастрофе. Подготовка возможному взаимодействию должно включать учет возможных рисков (Savelyev, 2017). В свою очередь анализ рисков требует учета информационной неопределенности, включая информационную асимметрию (Tsvetkov, 2014b). Эффективное реагирование на ситуацию столкновения требует получения набора методов: дальнего мониторинга, обнаружения ближнего мониторинга, расчета точки соприкосновения, прогнозирования и принятия неотложных мер по защите населения и территорий ликвидации последствий.

### 5. Заключение

Проблема кометной опасности обсуждается во многих странах. Тем не менее, вторую угрозу – прохождения хвоста кометы через атмосферу Земли многие исследователи игнорируют. Кометы размером от 20 до 100 м (Шувалов и др., 2016), входя в плотные слои атмосферы разрушаются под действием аэродинамических сил и передают свою кинетическую энергию воздуху, на высотах от 20–30 до нескольких километров. Образовавшаяся ударная волна достигает поверхности планеты и может вызывать значительные разрушения на больших расстояниях от места торможения аналогично действию сосредоточенного высотного взрыва. Численное моделирование разрушения позволяет определить высоту эквивалентного точечного взрыва, который генерирует такую же ударную волну, как и падение космического тела с заданными параметрами. Выявлено, что эта высота примерно равна высоте, где скорость кометы уменьшается вдвое. Методически следует отметить малое количество исследований, посвященных информационным подходам и специальным информационным моделям кометной тематике.



## Литература

**Катастрофические воздействия...**, 2005 – Катастрофические воздействия небесных тел. М.: ИКЦ "Академкнига", 2005, 310 с.

**Шувалов и др., 2016** – Шувалов В.В., Попова О.П., Светцов В.В., Трубецкая И.А., Глазачев Д.О. (2016). Определение высоты "метеорного взрыва". *Астрономический вестник*, Т. 50, № 1, 3-14.

**Barmin et al., 2014** – Barmin I.V., Dunham D.W., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Rings of Debris in Near\_Earth Space. *Solar System Research*, 2014, Vol. 48, No. 7, pp. 592-599.

**Deshko, 2016** - Deshko I.P., Kryazhenkov K.G., Cheharin E.E. Virtual Technologies. *Modeling of Artificial Intelligence*, 2016, Vol. 9, Is. 1, pp. 33-43.

**Kulagin, 2017** – Kulagin V.P. Monitoring of Dangerous Space Bodies. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*, 2017, (1), pp. 4-12.

**Micheli et al., 2016** – Micheli M., Koschny D., Drolshagen G., Perozzi E., Borgia B., Chesley S.R., Morbidelli A., Jedicke R., Farnocchia D. (2016). eds., *Asteroids: New Observations, New Models*, IAU Symposium. Vol. 318, 274-281.

**Perna et al., 2018** – Perna, D., Barucci, M. A., Fulchignoni, M., Popescu, M., Belskaya, I., Fornasier, S., ..., Merlin, F. A spectroscopic survey of the small near-Earth asteroid population: Peculiar taxonomic distribution and phase reddening. *Planetary and Space Science*, 2018, 157, 82-95.

**Popescu et al., 2018** – Popescu, M., Perna, D., Barucci, M., Fornasier, S., Doressoundiram, A., Lantz, C., ..., Fulchignoni, M. (2018). Olivine-rich asteroids in the near-Earth space. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 477(2), 2786-2795.

**Rozenberg, 2016** – Rozenberg I.N. Information Construction and Information Units in the Management of Transport Systems. *European Journal of Technology and Design*, 2016, 2 (12), 54-62.

**Savelyev, 2017** – Savelyev M. Risks of Asteroid and Comet Impact Hazard. *Civil Security Technology*, 2017, Vol. 14, 3 (53), 24-28.

**Tsvetkov, 2012** – Tsvetkov, V.Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool. *European Researcher*, 2012, 36(12-1), 2166-2170.

**Tsvetkov, 2014a** – Tsvetkov V.Ya. Information Units as the Elements of Complex Models. *Nanotechnology Research and Practice*, 2014, 1(1), pp. 57-64.

**Tsvetkov, 2014b** – Tsvetkov V.Ya. Information Asymmetry as a Risk Factor. *European researcher*, 2014, 11-1(86), pp. 1937-1943.

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

## References

**Barmin et al., 2014** – Barmin I.V., Dunham D.W., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2014). Rings of Debris in Near\_Earth Space. *Solar System Research*, Vol. 48, No. 7, pp. 592-599.

**Deshko, 2016** – Deshko I.P., Kryazhenkov K.G., Cheharin E.E. (2016). Virtual Technologies. *Modeling of Artificial Intelligence*, Vol. 9, Is. 1, pp. 33-43.

**Катастрофические воздействия...**, 2005 – Катастрофические воздействия небесных тел [Catastrophic effects of celestial bodies]. М.: ИКЦ "Академкнига", 2005, 310 p. [in Russian]

**Kulagin, 2017** – Kulagin V.P. (2017). Monitoring of Dangerous Space Bodies. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*, (1): 4-12.

**Micheli et al., 2016** – Micheli M., Koschny D., Drolshagen G., Perozzi E., Borgia, B., Chesley S.R., Morbidelli A., Jedicke R., Farnocchia D. (2016). eds. *Asteroids: New Observations, New Models*, IAU Symposium, Vol. 318: 274-281.

**Perna et al., 2018** – Perna, D., Barucci, M. A., Fulchignoni, M., Popescu, M., Belskaya, I., Fornasier, S., ..., Merlin, F. (2018). A spectroscopic survey of the small near-Earth asteroid population: Peculiar taxonomic distribution and phase reddening. *Planetary and Space Science*, 157, 82-95.

Popescu et al., 2018 – Popescu, M., Perna, D., Barucci, M., Fornasier, S., Doressoundiram, A., Lantz, C., ..., Fulchignoni, M. (2018). Olivine-rich asteroids in the near-Earth space. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 477(2), 2786-2795.

Rozenberg, 2016 – Rozenberg I.N. (2016). Information Construction and Information Units in the Management of Transport Systems. *European Journal of Technology and Design*, 2 (12): 54-62.

Savelyev, 2017 – Savelyev M. (2017). Risks of Asteroid and Comet Impact Hazard. *Civil Security Technology*, Vol. 14, 3 (53): 24-28.

Shuvalov i dr., 2016 – Spuvalov V.V., Popova O.P., Svetcov V.V., Trubeckaya I.A., Glazachev D.O. Opredelenie vysoty "meteornogo vzryva" [The determining of the height of the "meteoric explosion"]. *Astronomicheskij vestnik*, 2016, T. 50, № 1, 3-14. [in Russian]

Tsvetkov, 2012 – Tsvetkov, V.Ya. (2012). Information Situation and Information Position as a Management Tool. *European Researcher*, 36(12-1): 2166-2170.

Tsvetkov, 2014a – Tsvetkov V.Ya. (2014). Information Units as the Elements of Complex Models. *Nanotechnology Research and Practice*, 1(1): 57-64.

Tsvetkov, 2014b – Tsvetkov V.Ya. (2014g) Information Asymmetry as a Risk Factor *European researcher*, 11-1(86): 1937-1943.

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

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

## Кометная опасность

Владимир Петрович Кулагин <sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup> Российский технологический университет МИРЭА, Российская Федерация

**Аннотация.** Статья исследует проблему кометной опасности. Эта проблема выделена из проблемы астероидно-кометной опасности в силу существенных признаков. Исследуется особенности комет. Рассмотрена классификация комет. Анализируется их происхождение. Исследуется структура кометы как объекта представляющего угрозу при столкновении с Землей. В качестве примера рассмотрены четыре известные кометы. Описан информационный подход к исследованию проблемы кометной опасности. Выделены задачи исследования: информационное описание, динамическое моделирование, прогнозирование, каталогизация опасных космических тел.

**Ключевые слова:** космические исследования, кометы, космические угрозы, космическое тело, кометная опасность.

\* Корреспондирующий автор  
Адреса электронной почты: [vpkulagin@mail.ru](mailto:vpkulagin@mail.ru) (В.П. Кулагин)

Copyright © 2019 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  
 2019, 5(1): 27-33

DOI: 10.13187/rjar.2019.1.27  
[www.ejournal28.com](http://www.ejournal28.com)



## Electrogravitic Originated Mass of the Sun

Takaaki Musha <sup>a,\*</sup>

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

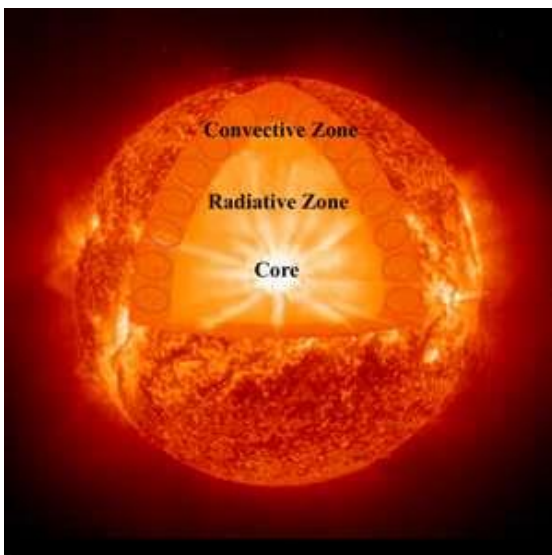
### Abstract

The hypothesis that the Sun may carry an electric charge was proposed by prof. Bailey at first in 1960 for the explanation of the maximum energy found for a primary cosmic ray particle and other astronomical phenomena. According to the electrogravitic theory by T. Musha and B.V. Ivanov, it can be shown that the stars like the Sun has a possibility to have a gravity mass generated by its electric charge.

**Keywords:** electrogravity, sun, birkland current, electric sun model, plasma universe.

### 1. Introduction

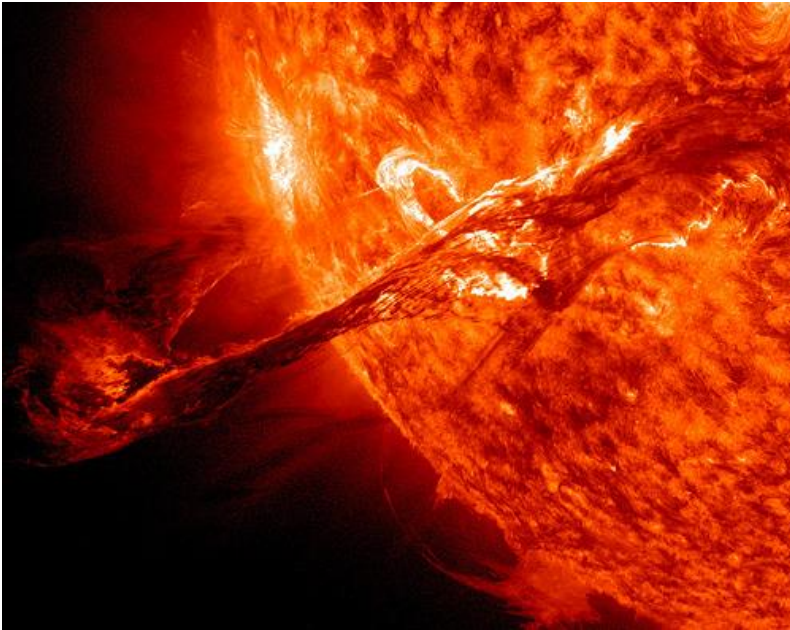
Presently, the Sun is considered as a gigantic ball of gas so massive that the immense pressure has ignited a fusion reaction. It is an average-sized yellow star known as the Sun. It is one of the most common type of star in the universe. Inside it, hydrogen atoms under unimaginable pressures are being fused into helium atoms, releasing a tremendous amount of energy as shown in the [Figure 1](#).



**Fig. 1.** Structure of the Sun

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

Contrary to this conventional theory, the electric Sun theory was proposed by Ralph Juergens (Juergens, 1972). According to him, most of the space within our galaxy is occupied by plasma containing electrons and ionized atoms. Every charged particle in the plasma has an electric potential energy (voltage) just as every pebble on a mountain has a mechanical potential energy with respect to sea level. The Sun is surrounded by a plasma cell that stretches far out – many times the radius of Pluto. The Sun is at a more electrical potential than is the space plasma surrounding it probably in the order of 10 billion volts. The hypothesis has been proposed that the Sun may be powered, not from within itself, but from outside, by the electric (Birkeland) currents that flow in our arm of our galaxy as they do in all galaxies as shown in Figure 2. This possibility that the Sun may be externally powered by its galactic environment is called as the Electric Sun model.



**Fig. 2.** Birkeland current observed on the Sun

In the Plasma Universe model, cosmic sized, low-density currents create the galaxies and the stars within those galaxies by the electromagnetic z-pinch effect, also known as zeta pinch effect, which is a type of plasma confinement system that uses an electrical current in the plasma to generate a magnetic field that compresses it. It is only a small extrapolation to ask whether these currents remain in place to power those stars. Galactic currents are of low current density, but, because the sizes of the stars are large, the total current (amperage) is high. An electrically powered Sun's radiated power would be due to the energy delivered by that amperage (The Electric Universe Theory).

The hypothesis that the Sun may carry an electric charge given by  $Q_s = 5 \times 10^{18}$  (C), was proposed by prof. Bailey at first in 1960 for the explanation of the maximum energy found for a primary cosmic ray particle and other astronomical phenomena (Bailey, 1960). He considered that the four dimensional space-time universe was a hyper-surface in a five dimensional universe and there existed streams of electrically charged particle from hyper dimensional universe into four dimensional space-time, where the laws of conservation of energy momentum and electric charge held true. He also thought that these electrical streams depends on local metric of space-time.

T. Musha and Boyko V. Ivanov independently obtained the formula for describing the coupling between electromagnetism and gravitation (Musha, 2004; Ivanov, 2013), where Musha derived the electrogravitic formula by supposing a new gravitational field generated inside the atom, while Ivanov derived the electrogravitic formula from Weyl-Majumdar-Papapetrou solutions for the metric space-time.

Based on their electrogravitic theory, the author attempts to reveal the structure of the Sun, which may lead to another explanation of cosmology.

**2. Outline of the electrogravitic theory**

Musha and Ivanov derived the electrogravitic formula shown as (Musha, 2004; Ivanov, 2013)

$$E_g \approx -Z\sqrt{4\pi\epsilon_r\epsilon_0G} \cdot E = -8.62 \times 10^{-11} Z\sqrt{\epsilon_r} \cdot E, \quad (1)$$

where  $Z$  is a number of electrons circulating around the atomic nucleus,  $\epsilon_r$  is a specific inductive capacity of the dielectric material,  $\epsilon_0$  is a permittivity of free space and  $G$  is the gravitational constant.

Musha used an approximation based on the gravitational field generated inside the atom by high potential electric field and Ivanov used classical approaches to Einstein's equations known as the Weyl-Majumdar-Papapetrou field solutions, dating back to 1916, to derive what he called root gravity, from

$$g = c^2 f^{-1} \left( \frac{B'}{2} \sqrt{\frac{\kappa\epsilon}{8\pi} \bar{\phi}_i} + \frac{\kappa\epsilon}{8\pi} \bar{\phi} \bar{\phi}_i \right), \quad (2)$$

where we assume that the space-time is static,  $f \equiv g_{00} = F(\phi)$  has the unique form  $f = 1 + B\phi + \phi^2$ , which was found by Weyl already in 1917 in the axially-symmetric case, which solutions are known as Weyl fields, and  $f \equiv g_{00}$ ,  $B'$  is a constant and  $\kappa = 8\pi G/c^4$ .

The methods of calculation can be summarized as shown in Figure 3.

**B.Ivanov**

$$g_i = c^2 \hat{f}^{-1} \left( \frac{B'}{2} \sqrt{\frac{\kappa\epsilon}{8\pi} \bar{\phi}_i} + \frac{\kappa\epsilon}{8\pi} \bar{\phi} \bar{\phi}_i \right) \longrightarrow E_g \approx -\sqrt{4\pi\epsilon_r\epsilon_0G} \cdot E$$

Weyl-Majumdar-Papapetrou solutions of the Einstein equations



Equivalent (Modulo.Z)

**T.Musha**

$$F = q(E + v \times B) + m(E_g + v \times B_g) \longrightarrow E_g \approx -Z\sqrt{4\pi\epsilon_r\epsilon_0G} \cdot E$$

- Internal volume of an elementary particle is a region of force-free field.
- Additional equivalent mass in a space due to the electric field is cancelled by the negative mass created by the electrogravitic field generated by an external electric field.

**Fig. 3.** Summary of electrogravitic formula given by Musha and Ivanov

**3. Electrogravitic originated mass of the Sun**

If the electrogravitic equation given by Equation. (1) can be applied to massive stars, it is considered that some of the gravitational field of them can be generated by electric charges.

From the equation in the paper by Ivanov, "On the gravitational field induced by static electromagnetic source" (Ivanov), the electrogravitic field can be given for the spherical symmetry case as

$$g(r) = \sqrt{4\pi\epsilon_0G} \frac{\bar{\psi} \cdot r_0}{r^2}, \quad (3)$$

where  $\bar{\psi} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_0}$  ( $Q$ : electric charge of the sphere).

From the formula,  $div\ g = 4\pi G\rho_m$ , and the Gauss's theorem,  $\int_S div\ g \cdot ds = \int_V 4\pi G\rho_m dv$ , where  $\rho_m$  is the equivalent mass density by the electrogravitic effect inside the sphere with the radius  $r_0$ , we have

$$\frac{\sqrt{4\pi\epsilon_0 G}}{4\pi\epsilon_0 r_0^2} Q \int_S ds = 4\pi GM_e, \quad (4)$$

where  $M_e = \int_V \rho_m dv$ .

Finally we obtain the equivalent mass generated by the electric charge becomes

$$M_e = \frac{Q}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 G}}. \quad (5)$$

This equation shows the gravitational effect of electric field around the spherical body.

If we let  $M_e$  be the electro induced mass of the Sun, the apparent mass of the Sun becomes

$$M = M_0 + M_e = M_0 + \frac{Q}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 G}}, \quad (6)$$

where  $M$  is an apparent mass of the Sun and  $M_0$  is a true mass of the Sun.

Then we have

$$M_0/M = 1 - \frac{1}{M} \frac{Q}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 G}}, \quad (7)$$

Figure 4 shows the calculation result between the electric charge of the Sun and the ratio  $M_0/M$ , where we let  $M = 1.989 \times 10^{30}$  Kg.

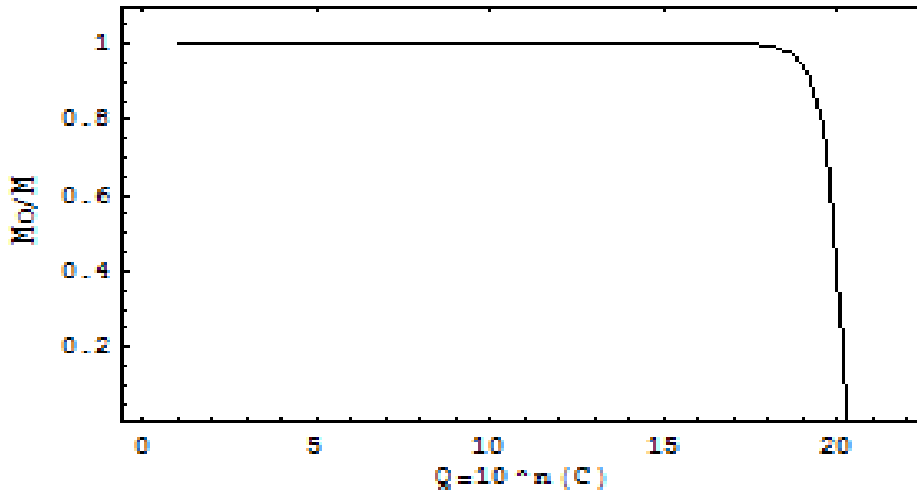


Fig. 4. Electric charge of the Sun and the ratio  $M_0/M$

From this calculation result, it is considered that some of the gravity of the Sun attributes to the electrogravitic effect.

Bailey proposed a formula for a star like the Sun of the mass  $M_s$  (kg), which carries a net electric charge,  $Q_s$  (C), given by (Bailey, 1960)

$$Q_s = \beta \sqrt{4\pi\epsilon_0 GM_s}, \quad (8)$$

where  $\beta$  is a parameter to show the charge of the star.

By introducing this equation into Equation.(5), we have

$$M_0 = (1 - \beta)M_s, \quad (9)$$

From this equation, when the constant  $\beta$  is almost equal to unity, it can be seen that almost of the gravity mass of the Sun attributes to electrogravitic originated.

Prof. Bligh wrote in his article (Bligh) that “the velocity of escape from the Sun is 617000m/s and it can be seen that almost all the electrons exceed this speed and virtually no protons do. Superficially this leads to the conclusion that the Sun would lose all its electrons and none of its protons. Therefore there must be a mechanism for holding back most of the electrons. It is deduced that the Sun is positively charged. It leads to the logical conclusion that all hot stars have a positive charge and that this is balanced by a net negative charge in the interstellar space in a galaxy. The excess positive charge on the Sun is in the order of  $6.6 \times 10^{22} C$ ”.

If  $Q_s \approx 6.6 \times 10^{22} C$ , we have  $\beta = 1 - M_0/M_s \approx 1$  from Figure 4. Thus it is considered that the interior of the Sun is vacant as shown in Figure 5, and we can see that the Sun consists of plasma cloud expanded by repulsive electric force and the interior small iron/nickel core, which is formed by the incoming meteorites and asteroids. The stability of low density stellar plasma is analyzed for a star with a spherical symmetry in equilibrium between the gravitational attractive forces and the repulsive pressure forces of an ideal electron gas where the analysis is developed by the use of Boltzmann statistics (Ben-Aryer). By this analysis, plasma cloud of the Sun is considered to be stable with an inner empty space.

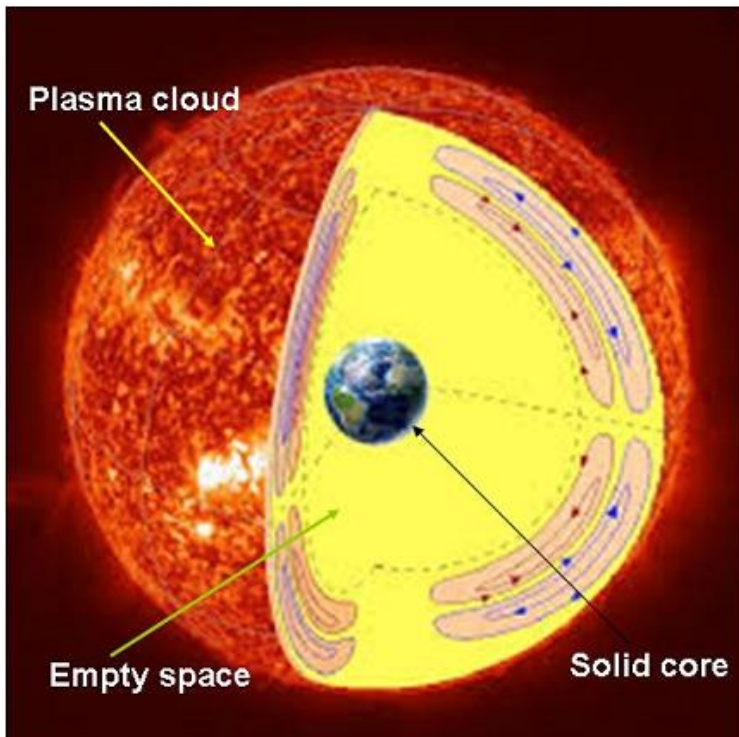
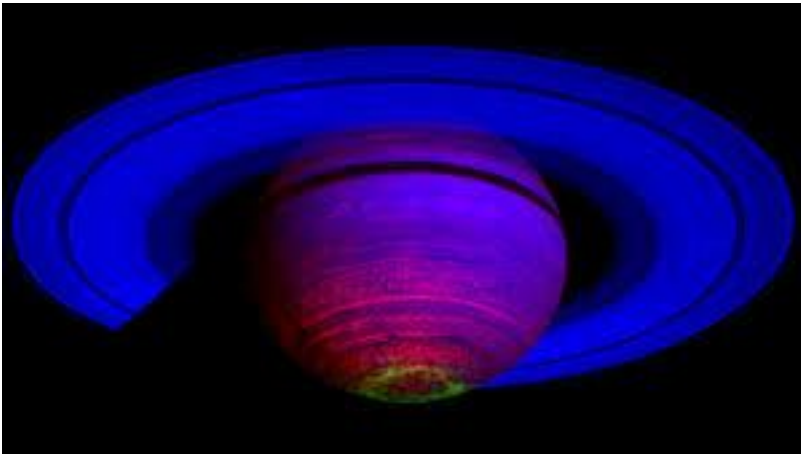


Fig. 5. Probable structure of the Sun

Wolynski claimed that the sun is hollow (The Sun is hollow). He claimed that the Sun will shrink, cool and collapse upon itself like a giant balloon, as it contains no interior core. According to his fringe theory of stellar metamorphosis, the Sun is not fusion powered, but is a giant dissipative event formed as a result of galaxy growth. It will become an orange dwarf star and then a red dwarf as it evolves over its next stages of stellar evolution. He also claims that the Sun is

much younger than the Earth, a relatively young star. In his theory all young stars do not possess cores, but are hollow structures that will gravitationally collapse until the coulomb barrier is reached and the star stabilizes into a solid ball. Thus almost of gravitational mass of the Sun is produced according to the electrogravitic effect, it is considered that most of the inner space of the Sun is vacant as claimed by Wolynski.

The Saturn Theory and the Thunderbolts Electric Universe theory suggest that Saturn may have been our first Sun or was at least associated as a Sun. Thompson in his astrological reports has noticed that the planet Saturn was also designated as Šamaš, i.e. "Sun" by the Babylonian-Assyrian astrologers and he quotes the statement of Hyginus to the effect that Saturn was called "the star of the Sun" ([Was the Saturn the Sun?](#)). During the past century several authorities noticed that Greek and Latin astronomical texts show a mysterious confusion of the "Sun" – Greek Helios, Latin Sol – with the outermost planet, Saturn.



**Fig. 6.** Saturn was a Sun of our solar system in ancient times?

Inside Saturn is probably a core of iron, nickel, silicon and oxygen compounds, surrounded by a deep layer of metallic hydrogen, then a layer of liquid hydrogen and liquid helium and finally, an outer gaseous layer. If most of the gravity of stars attributes to the electrogravitic effect, we can see the possibility that the Saturn, which might be the ancient Sun of our solar system, lost its massive electric charge and shrunk to the present state as told by the old legend. If it is true, the present body of the Saturn may be an inner core created inside the ancient Sun.

#### 4. Conclusion

From the electrogravitic effect, it is seen that most of the gravitational mass of the Sun is produced by the electric charge of the Sun. In this case, the Sun is consisted by the plasma cloud expanded by the repulsive electric force and the tiny solid core created in the center of the Sun.

If almost of the mass of the Sun is electrogravitic origin, there is a possibility that the Sun dose not generate its energy by nuclear fusion of hydrogen nuclei into helium at the core, but it may be powered, not from within itself, but from outside, by the electric currents that flow in our arm of our galaxy as they do in all galaxies. This possibility that the Sun may be externally powered by its galactic environment is the most speculative idea in the Electric Sun hypothesis.

#### References

[Bailey, 1960](#) – *Bailey V.A.* (1960). Existence of Net Electrical Charges on Stars. *Nature*, 186, pp. 508-510.

[Ben-Aryer](#) – *Ben-Aryer Y.* Transparency and stability of low density stellar plasma related to Boltzmann statics, inverse simulated Bremsstrahlung and dark matter, [arXiv.org>astro-ph>arXiv.1901.06635](#) (10 Feb 2019).

[Bligh](#) – *Bligh B.* The Sun is Electrically Positive Charged. [Electronic resource]. URL: <http://altcosmology.com/The-Sun-is-Electrically-Positively-Charged-php>



[Ivanov](#) – *Ivanov B.V.* On the gravitational field induced by static electromagnetic sources, arXiv: gr-qc/0502047 v1 (10 Feb 2005).

[Ivanov, 2013](#) – Ivanov B.V. (2013). Weyl electrovacuum solutions and gauge invariance. *Journal of Space Exploration*, Vol. 2(1), pp. 49-51.

[Juergens, 1972](#) – *Juergens R.E.* (1972). Plasma in Interplanetary Space: Reconciling Celestial Mechanics and Velikovskian Catastrophism, *Pensée IVR II* (Fall 1972), pp. 6-12; *Velikovsky Reconsidered* (N.Y., 1976), pp. 137-155. First presented at the Lewis & Clark Symposium, Portland, OR, August 15-17, 1972.

[Musha, 2004](#) – *Musha T.* (2004). The possibility of strong coupling between electricity and gravitation. *Infinite Energy*, Is. 53, pp. 61-64.

[The Electric Universe Theory](#) – The Electric Universe Theory [Electronic resource]. URL: <https://www.electricuniverse.info/electric-sun-theory/>

[The Sun is hollow](#) – The Sun is hollow. [Electronic resource]. URL: <http://vixra.org/abs/1301.0109>

[Was the Saturn the Sun?](#) – Was the Saturn the Sun? The Sun is hollow [Electronic resource]. URL: <http://everythingselectric.com/saturn-sun/>

Copyright © 2019 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  
 2019, 5(1): 34-40

DOI: 10.13187/rjar.2019.1.34  
[www.ejournal28.com](http://www.ejournal28.com)



## Space Geodesy of Small Celestial Bodies

Vladimir V. Oznamets <sup>a</sup>, Viktor Ya. Tsvetkov <sup>b,\*</sup>

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

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

### Abstract

The article explores the features of the use of space geodesy in the description of small celestial bodies. The paper shows the difference between geodesic astronomy and space geodesy. The paper shows the difference between ground geodesy, astronomy and space geodesy. The main stages of cartographic modeling are described. Cartographic modeling of space bodies or space mapping includes three stages. The first stage transforms the original cosmic body into a reference geometric body. The reference geometric body is transformed at the second stage into a geometric figure having a scan. The geometric shape is converted to a flat scan in the third stage. Conformal transformations are the basis for the implementation of the second and third stages. Problems appear at the first stage of spatial transformations. The irregularity of the cosmic body creates significant distortions in the construction of its surface. The authors of the article propose geodetic modeling and geodesic constructions as an alternative. Geodesic space modeling is a generalization of geodetic and photogrammetric measurements. For small space those use photogrammetric measurement methods. Geodesic modeling allows you to create a three-dimensional triangulation model. The article confirms the conclusion that geometry, geodesy and geoinformatics are applicable for the study of space bodies.

**Keywords:** space research, space geodesy, geometry, reduction, space bodies, small celestial bodies modeling.

### 1. Введение

В исследовании (Савиных, 2019) доказано что геодезия и геометрия являются в первую очередь науками о пространстве. Статья констатирует, что геометрия, несмотря на ее часть «гео» не связана с измерением Земли, а является разделом математической теории. Геодезия изучает реальное пространство и реальные пространственные отношения. Статья доказывает, что эта геодезия давно вышла за рамки земного пространства и может исследовать космическое пространство. Это подтверждается развитием направления космическая геодезия. В работе (Gospodinov, 2018) анализируется геодезическая астрономия. Показано что эта наука использует методы геодезии для астрономических измерений. В работе (Bondur, Tsvetkov, 2015) показано, что космическая геоинформатика есть научное направление, которое исследует космическое пространство методами геоинформатики. Таким образом, можно сделать общий вывод, что развитие наук: геометрии, геодезии и геоинформатики создало возможность применять их методы для

\* Corresponding author

E-mail addresses: [cvj2@mail.ru](mailto:cvj2@mail.ru) (V.Ya. Tsvetkov), [voznam@bk.ru](mailto:voznam@bk.ru) (V.V. Oznamets)

исследования комического пространства и космических тел. Более широко применяют термин «малое небесное тело» (МНТ), который является синонимом термина «космическое тело». Необходимо отметить различие между космической геодезией (Майоров и др., 2012) и геодезической астрономией. Геодезическая астрономия использует методы геодезических измерений и геодезической обработки информации для астрономических наблюдений. Необходимо отметить различие между космической геодезией и наземной геодезией. Наземная геодезия использует в основном геодезические методы измерений для получения координат точек поверхности Земли. Космическая геодезия использует в основном для получения координат точек поверхности космического тела фотограмметрические методы измерений. Космическая геодезия занимается измерением планет и малых небесных тел геодезическими методами и геодезическими преобразованиями. При исследовании малых небесных тел необходимо отметить космическую картографию (Нырцов, 2012), которая занимается составлением карт на космические объекты: планеты и малые небесные тела.

## 2. Результаты

### Требования к моделям пространственных тел

При моделировании пространственных тел требуется реализовать следующие свойства пространственных моделей: воспринимаемость, обозримость, морфологическое соответствие, измеряемость, сопоставимость с объектами такого же класса. Воспринимаемость и обозримость являются свойством когнитивных моделей (Цветков, 2013). Изменяемость означает, что измерения на поверхности модели соответствуют измерениям на поверхности объекта, но в другом масштабе. Однако наличие такой возможности позволяет определять координаты точек объекта по точкам модели и решать различные геометрические задачи.

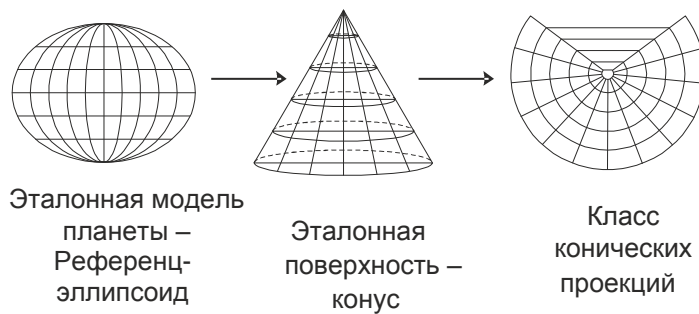
Морфологическое соответствие является частным случаем информационного соответствия (Номоконова, 2018), которое определяет степень сходства модели и моделируемого объекта. При картографировании (земном и космическом) это свойство очень важно. В работе (Бугаевский, 1998) показано, что если имеет место более чем на 5 % искажение объектов на картах, такая карта становится неузнаваемой и плохо сопоставимой с реальным объектом. В этом случае она превращается в абстрактную математическую модель реального объекта. Для нее сохраняется сопоставимость с моделями подобного класса, но теряется сопоставимость с реальными объектами данного класса. Такая модель теряет свойство морфологического информационного соответствия.

Перечисленные требования к пространственным моделям распространяются на наземные объекты, на планеты и на малые небесные тела. В чем различие между тремя этими классами пространственных объектов? Наземные объекты хорошо изучены и для них накоплен опыт и стереотипы моделирования, которые обеспечивают все четыре свойства пространственных моделей.

Планеты имеют форму поверхности близкую к регулярной и поэтому хорошо моделируются и картографируются методами математической картографии. Малые небесные тела в подавляющем большинстве имеют не регулярную форму. В силу этого их картографирование (нырцов) нарушает свойство морфологического соответствия при сохранении трех остальных свойств.

### Проблемы картографических преобразований космических объектов.

На Рисунке 1 приведена технология классического картографического преобразования поверхности произвольной планеты на примере конического преобразования (Бугаевский, 1999).

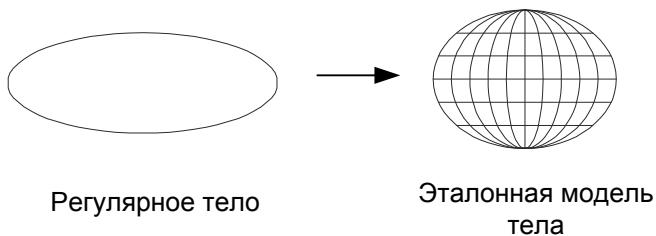


**Рис. 1.** Картографические преобразования поверхности планеты

Обычно такая схема ([Рисунок 1](#)) приводится в учебниках картографии. Она описывает процесс преобразования эталонного пространственного тела в другое пространственное тело имеющее развертку. На первом этапе эталонное тело преобразуется в геометрическую фигуру, имеющее развертку. Таких фигур три, конус цилиндр и плоскость. Такое процесс осуществляют на основе конформных преобразований, которые специфичны для каждого фигуры. После этого второе пространственное тело (конус, цилиндр, плоскость) преобразуется в плоскую модель по его развертке. При этом также используют конформные преобразования. Конформные преобразования преобразуют одну фигуру в другую «точка за точкой». Однако они по свое природе создают искажения за счет того, что «растягивают» одни области тела и сжимают другие области этого же тела.

Достоинством конформных преобразования является сохранение топологических инвариантов на поверхности плоской модели.

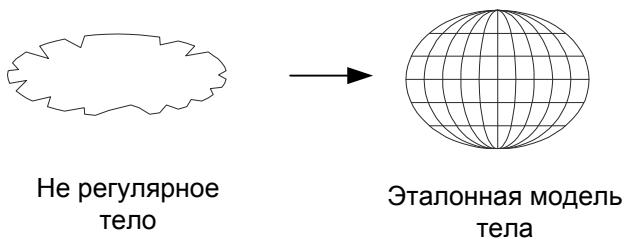
Конформным преобразования предшествует информационная ситуация преобразования реального космического тела в эталонную модель этого тела. Она осуществляется за счет редукции, то есть не конформного пространственного преобразования. Возможны два варианта такой ситуации. Первый вариант такого пространственного преобразования приведен на [Рисунке 2](#).



**Рис. 2.** Морфологическое преобразование регулярного тела в эталонную модель. Высокое морфологические соответствие

Ситуация на [рис.2](#) описывает случай, когда исходное космическое тело имеет форму, близкую к регулярной, или близкую, к эталонной геометрической фигуре. Под регулярной формой ([Бугаевский, 1998](#)) понимаем одновременное выполнение двух условий. Исходное тело имеет гладкую поверхность, на которой нет скачков производных в любой точке поверхности. Второе условие состоит в том, что форма исходного космического тела близка к известной правильной геометрической фигуре. Для планет это эллипсоид. В этом случае преобразование на [Рисунке 2](#) обеспечивает морфологическое (информационное) соответствие между формой исходного объекта и формой эталонного объекта является высоким.

Второй вариант пространственных преобразований приведен на [Рисунке 3](#).

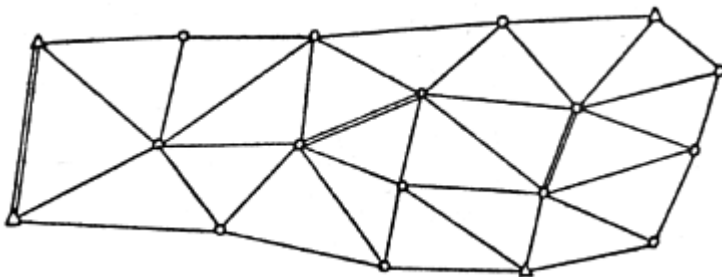


**Рис. 3.** Морфологическое преобразование не регулярного тела в эталонную модель. Низкое морфологическое соответствие

**Рисунок 3** описывает ситуацию, когда исходное космическое тело имеет форму, далекую от регулярной формы. Это характерно для астероидов и других малых небесных тел. Под не регулярной формой небесного тела понимаем либо наличие скачков производных в любой точке поверхности, либо также то, что форма такого тела не походит на простую геометрическую фигуру, либо оба фактора вместе. В этом случае эталонная модель передает точки на поверхности такого космического тела с большими морфологическими и координатными искажениями. Таким образом, следует вывод, что классический подход картографирования малых небесных тел создает существенные искажения в передаче их формы на плоскость. Такая модель наглядна, но лишена измерительных свойств. Вывод, для нерегулярных космических тел необходимо применять методы геодезических (фотограмметрических) измерений.

#### **Геодезические построения на МНТ**

Сущность геодезического моделирования МНТ как альтернатива картографического моделирования состоит в построении трехмерных моделей космического тела, допускающих нарушение регулярности. Достаточно известным и хорошо отработанным в геодезии является метод построения геодезических сетей, имеющих трехмерные координаты. На **Рисунке 4** показана типичная геодезическая сеть.



**Рис. 4.** Геодезическая сеть как основа моделирования пространственной поверхности

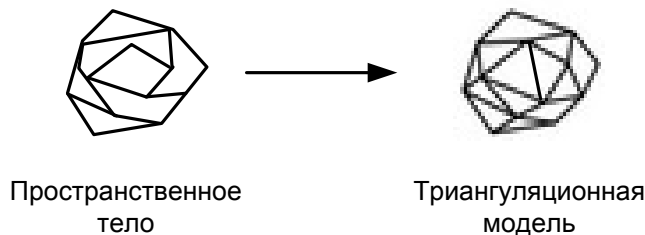
Каждая точка сети строго соответствует точек поверхности. В земных условиях геодезическая сеть покрывает часть поверхности Земли. В космическом пространстве геодезическая сеть может покрывать всю поверхность МНТ в силу его небольших размеров.

Геодезическое моделирование МНТ включает два этапа: построение геодезической сети на поверхности тела, моделирование поверхности тела и его формы с использованием метода Вороного-Делоне. Следует напомнить, что метод Вороного-Делоне создавался для решения задач кристаллографии, то есть для описания пространственных тел (кристаллов) имеющих не регулярную форму.

Хотя речь идет о геодезическом подходе в данном случае, для космических исследований, его следует рассматривать как обобщение геодезических и фотограмметрических измерений. При наличии возможности на небесном теле проводят геодезические измерения с помощью роботов. При отсутствии такой возможности производят фотограмметрические съемки небесного тела. На основе таких съемок строят его пространственную сеть, а затем моделируют форму с помощью треугольников. На **Рисунке 5**

приведен пример трансформации МНТ произвольной формы в триангуляционную пространственную модель.

Исходное пространственное тело имеет произвольные грани, например четырехсторонники. Триангуляционная модель покрывает всю поверхность треугольниками, даже если они лежат в одной плоскости.



**Рис. 5.** Трансформация произвольного МНТ в триангуляционную модель

Подведем итог, картографическое преобразование создает поверхность описываемую функцией двух переменных  $F_2(\varphi, \lambda)$ , где  $\varphi$  – широта,  $\lambda$  – долгота. При этом дополнительно подразумевается наличие и известное положение полюсов планеты. При этом дополнительно подразумевается наличие центра эталонной фигуры, который используют при конформных преобразованиях. Исходная поверхность пространственного тела  $S(x, y, z)$  при этом существенно упрощается.

Геодезическое построение создает трехмерную модель  $F_3(x, y, z)$ , где  $x, y, z$  – пространственные координаты. Эта трехмерная модель не упрощает исходную поверхность тела  $S(x, y, z)$ , а является ее трехмерным подобием.

### 3. Заключение

Данная статья подтверждает, что методы геометрии и геодезии (и, как следствие, геоинформатики) применимы для измерения и описания любого пространственного космического тела. Методы картографии имеют ограничения при описании космических тел, имеющих не регулярную форму. Такая форма характерна для малых небесных тел. Ограничения картографического метода обусловлены упрощениями и редукцией реального тела к геометрически правильному аналогу. Ограничения картографического метода обусловлены дополнительными искажениями картографических проекций безотносительно к форме тела. Достоинством и недостатком картографического метода является применение конформных преобразования для всего пространственного тела. Именно поэтому для описания пространственного объекта используют одну пространственную фигуру. При картографическом подходе необходимо определение полюсов планеты и ее условного центра.

Геодезический подход является альтернативой картографическому подходу при описании МНТ. Он не требует применения правильной геометрической фигуры как основы малого небесного тела. Геодезический подход допускает не гладкость поверхности. Он описывает поверхность с помощью триангуляционной модели. Такой подход исключает определение полюсов и центра тела. Но он задает проблему нерегулярной развертки. Но технически триангуляционная поверхность может быть легко разрезана и трансформирована в плоскость для получения плоской визуальной модели. Такая модель не является картой в общепринятом понимании. Но она позволяет решать задачи навигации на малом теле. Малое тело может быть покрыто замкнутой триангуляционной геодезической сетью. Статья подтверждает вывод о том, что геометрия, геодезия и геоинформатика, несмотря на корневую часть слова «гео», применимы для исследования и измерений космических тел.

### Литература

Бугаевский, 1998 – Бугаевский Л.М. Математическая картография. М.: «Златоуст», 1998, 400 с.

Бугаевский, 1999 – Бугаевский Л.М. Теория картографических проекций регулярных поверхностей. М.: Златоуст, 1999, 142 с.

Майоров и др., 2012 – Майоров А.А., Савиных В.П., Цветков В.Я. Геодезическое космическое обеспечение России // *Науки о Земле*, 2012, №4, 23-27.

Номоконова, 2018 – Номоконова О.Ю. Виды информационных соответствий // *Славянский форум*, 2018, 2(20), 44-49.

Нырцов, 2012 – Нырцов М.В. Разработка теории и методологии картографирования малых небесных тел. Дис. на соискание уч. ст. д.т.н. Специальность 25.00.33. Картография. М.: МИИГАиК, Т. 1. 2012, 447 с.

Савиных, 2019 – Савиных В.П. Новый взгляд на геодезию // *ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении*, 2019, № 1, 58-63.

Цветков, 2013 – Цветков В.Я. Когнитивные аспекты построения виртуальных образовательных моделей // *Перспективы науки и образования*, 2013, №3, 38-46.

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

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

## References

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

Bugaevskii, 1998 – Bugaevskii L.M. (1998). Matematicheskaya kartografiya [Mathematical cartography]. М.: «Zlatoust», 400 p. [in Russian]

Bugaevskii, 1999 – Bugaevskii L.M. (1999). Teoriya kartograficheskikh proektsii regulyarnykh poverkhnostei [The theory of cartographic projections of regular surfaces]. М.: Zlatoust, 142 p. [in Russian]

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

Maierov i dr., 2012 – Maierov A.A., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2012). Geodezicheskoe kosmicheskoe obespechenie Rossii [Geodesic space support of Russia]. *Nauki o Zemle*, №4, 23-27. [in Russian]

Nomokonova, 2018 – Nomokonova O.Yu. (2018). Vidy informatsionnykh sootvetstviy [Types of informational correspondences]. *Slavyanskii forum*, 2(20), 44-49. [in Russian]

Nyrtsov, 2012 – Nyrtsov M.V. (2012). Razrabotka teorii i metodologii kartografirovaniya malyykh nebesnykh tel [Development of the theory and methodology for mapping small celestial bodies]. Dis. na soiskanie uch. st. d.t.n. Spetsial'nost' 25.00.33. Kartografiya. М.: МИИГАиК, Т. 1. 447 p. [in Russian]

Savinykh, 2019 – Savinykh V.P. (2019). Novyi vzglyad na geodeziyu [New view on geodesy]. *ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении*, № 1, 58-63. [in Russian]

Tsvetkov, 2013 – Tsvetkov V.Ya. (2013). Kognitivnye aspekty postroeniya virtual'nykh obrazovatel'nykh modelei [Cognitive aspects of building virtual educational models]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya*, №3, 38-46. [in Russian]

## Космическая геодезия малых небесных тел

Владимир Владимирович Ознамец<sup>a</sup>, Виктор Яковлевич Цветков<sup>b, \*</sup>

<sup>a</sup> Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), Российская Федерация

<sup>b</sup> Научно-исследовательский и проектно конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС), Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [cvj2@mail.ru](mailto:cvj2@mail.ru) (В.Я. Цветков), [voznam@bk.ru](mailto:voznam@bk.ru) (В.В. Ознамец)

**Аннотация.** Статья исследует особенности применения космической геодезии при описании малых небесных тел. Показано различие между геодезической астрономией и космической геодезией. Описаны основные этапы картографического моделирования. Картографическое моделирование космических тел или космическое картографирование включает три этапа. Первый этап преобразует исходное космическое тело в эталонное геометрическое тело. Эталонное геометрическое тело преобразуют на втором этапе в геометрическую фигуру, имеющую развертку. Геометрическая фигура преобразуется в плоскую развертку на третьем этапе. Конформные преобразования служат основой реализации второго и третьего этапов. Проблемы появляются на первом этапе пространственных преобразований. Нерегулярность космического тела создает значительные искажения при построении его поверхности. Авторы статьи предлагают в качестве альтернативы геодезическое моделирование и геодезические построения. Геодезическое космическое моделирование является обобщением геодезических и фотограмметрических измерений. Для малых космических тел применяют фотограмметрические методы измерений. На основе геодезического моделирования формируют трехмерную триангуляционную модель. Статья подтверждает вывод о том, что геометрия, геодезия и геоинформатика – применимы для исследования и измерений космических тел.

**Ключевые слова:** космические исследования, космическая геодезия, геометрия, редукция, космические тела, малые небесные тела моделирование.



Copyright © 2019 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  
 2019, 5(1): 41-55

DOI: 10.13187/rjar.2019.1.41  
[www.ejournal28.com](http://www.ejournal28.com)



## Planetary Research Information Systems

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

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

### Abstract

The article explores information systems for planetary research. The article reveals the principles of building information systems. The result of the information system is structured information and knowledge. The primary function of an information system is the structuring and systematization of initial information. The article introduces the concept of object and spatial space analysis. The principles of operation of information systems are described. The article conducts a comparative analysis of planetary systems. The features of various information planetary systems are described. Modern information systems on a planetary theme perform accumulative functions. They perform poorly analytical functions.

**Keywords:** space research, information systems, planetary systems, modeling, spatial analysis.

### 1. Введение

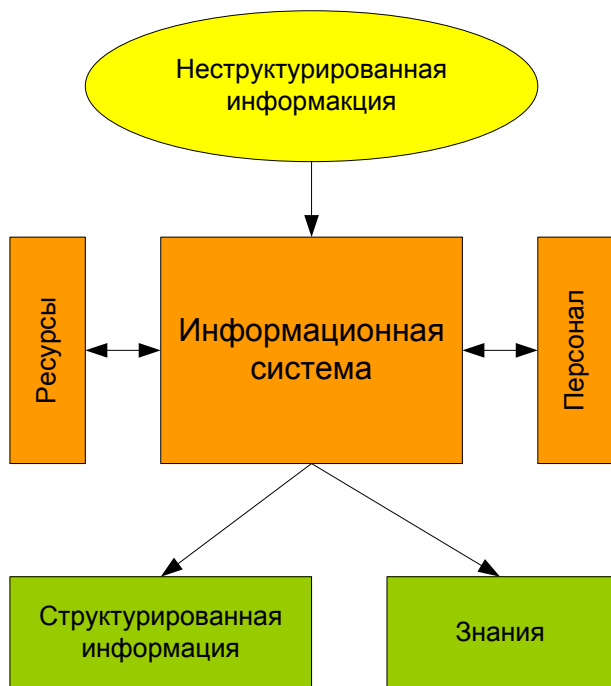
По мере развития любого научного направления накапливается не систематизированный материал, который необходимо систематизировать. Космические исследования используют объектный анализ и пространственный анализ (Borcard, Legendre, 2002; Fotheringham, Rogerson, 2013). Объектный анализ исследует космическое тело безотносительно к его окружению. В теории моделирования это называют семантическим окружением (Булгаков, Цветков, 2018). Пространственный анализ является многоаспектным понятием (Монахов и др., 2005). Он может быть рассмотрен как метод классификации, метод систематизации, метод идентификации, метод решения прикладных задач, метод моделирования и как метод познания. Пространственный анализ как метод научного познания опирается на систематизированную информацию. Поэтому для его применения необходимо систематизировать информацию и по возможности ее классифицировать. Неоценимую помощь в систематизации и хранение систематизированной информации оказывают информационные системы (Sigov, Tsvetkov, 2015). Они могут быть специализированными и универсальными. Универсальные информационные системы применяют в библиотеках, включая электронные библиотеки. Эти системы решают задачи информационно справочного характера. Специализированные информационные системы применяют, в прикладных областях. Они позволяют решать специальные задачи и получать новые знания. Пространственный анализ с использованием специализированных информационных систем связан с извлечением неявных знаний (ISO/IEC 2382). Извлечение неявных знаний является одной из основных задач космических исследований.

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

## 2. Результаты

### Принципы организации информационных систем

В соответствии со стандартом ISO (Федеральный закон..., 2006) информационная система (ИС) – это система, предназначенная для хранения, поиска и обработки информации. Информационная система имеет человеческие, технические, финансовые ресурсы, которые обеспечивают обработку и распространение информации. Это позволяет дать принципиальную схему информационной системы, которая дана на Рисунке 1.



**Рис. 1.** Принципиальная схема информационной системы

Понимание информационной системы подразумевает, что её компонентами являются: данные, техническое и программное обеспечение, а также персонал. Широко трактует понятие «информационной системы» федеральный закон Российской Федерации «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», подразумевая под информационной системой совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих её обработку информационных технологий и технических средств (Федеральный закон..., 2006).

По мнению М.Р. Когаловского (Tsvetkov, 2014a) в понятие информационной системы помимо данных, программ, аппаратного обеспечения и людских ресурсов следует также включать коммуникационное оборудование, лингвистические средства и информационные ресурсы, которые в совокупности образуют систему, обеспечивающую поддержку динамической информационной модели картины мира для удовлетворения информационных потребностей пользователей (Egret et al., 1991).

Таким образом, для проведения систематизированных исследований в любой области необходима информационная система как средство систематизации информации, которая обеспечивает всеобъемлющий анализ. В области планетных исследований такими информационными системами являются планетные информационные системы.

#### Анализ информационных систем по планетной тематике.

*Universe Today.* Открытый в марте 1999 года портал Universe Today (UT) является одним из самых крупных зарубежных информационных ресурсов по космической и астрономической тематике. В основу сайта, ежедневно пополняющегося несколькими новостями, легла система управления содержанием WordPress. Новости ресурса разгруппированы на 89 тематических категорий. Среди них наиболее крупными являются: астрономия, Марс, Сатурн, космические полеты, наблюдения Земли, астероиды, Хаббл,

спутники. В каждой из этих категорий присутствует не менее 200 записей. На [Рисунке 2](#). Приведена страничка портала.

**UNIVERSE TODAY**

Subscribe Podcast

ISSN#1 readers

Home » guide to space » Mars

Categories

- 2012 (14)
- Archive (93)
- Asteroids (213)
- Astrobiology (99)
- Astronomy (1643)
- Astronomy For Kids (28)
- Astrophotos (264)
- Astrosphere (102)
- Black Holes (154)
- Blog (60)
- Book Reviews (209)
- Carnival of Space (105)
- Cassini (5)
- Chandra (59)
- China (13)
- Citizen Science (18)
- Climate (4)
- Comets (65)
- Commercial Space (14)
- Constellation (71)
- Cosmology (68)
- Dark Energy (25)
- Dark Matter (48)
- Earth (94)
- Earth Observation (291)
- Eclipses (21)
- Enceladus (10)
- Environment (58)
- esa (21)
- Europa (7)
- Evolution (5)
- Extrasolar Planets (248)
- Extreme Life (26)
- Fraser's News (2)
- galaxies (114)
- Gamma Ray Bursts (27)

Email newsletter

Daily Edition  
Weekly Edition  
Subscribe me!

SAO Swinburne Astronomy Online

Fully online postgraduate degree programs

SWINBURNE

Most Popular Articles

- List of Constellations
- List of Messier Objects
- One-Way, One-Person Trip to Mars
- Maximizing Survival Time Inside the Event Horizon of a Black Hole
- The Mars Landing Approach: Getting Large Payloads to the Surface of the Red Planet
- Why is Pluto Not a Planet?
- The Value of Space Exploration
- How Long Does it Take to get to the Moon?
- Building a Base on the Moon: Part 1 - Challenges and Hazards
- What is the Biggest Star in the Universe?
- Binoculars For Astronomy
- Name a Star
- No Doomsday in 2012

Mars is the 4th planet from the Sun, and one of the 5 planets visible with the unaided eye – it's impossible to say who actually discovered Mars. When Mars is closest to the Earth, it becomes one of the brightest stars in the sky, appearing bright and red. Because of this bright red color, ancient peoples associated Mars with blood and war. The ancient Romans named Mars after their god of War, the same persona as the Greek god Ares. The symbol for Mars also represents the god of War.

Mars orbits the Sun at an average distance of 228 million km, which is about 1.5 times the distance of the Earth to the Sun. Earth and Mars can get as close as 54.6 million km apart, making Earth the closest planet to Mars.

The size of Mars makes it the third largest terrestrial planet, after Earth and Venus. The diameter of Mars is 6,792 km across. This is about half the diameter of Earth. The mass of Mars is even lower; the planet has a mass of  $6.42 \times 10^{23}$  kg, which gives it a mass of only 10% compared to Earth. This lower mass gives Mars a much lower gravity. If you could stand on the surface of Mars, you would experience about 38% the force of gravity that you experience on Earth. The volume of Mars is only 15% the volume of Earth.

Like all of the planets in the Solar System, Mars formed approximately 4.6 billion years ago when the solar nebula collapsed. Scientists determined the age of Mars by studying meteorites from Mars that landed on Earth millions of years ago.

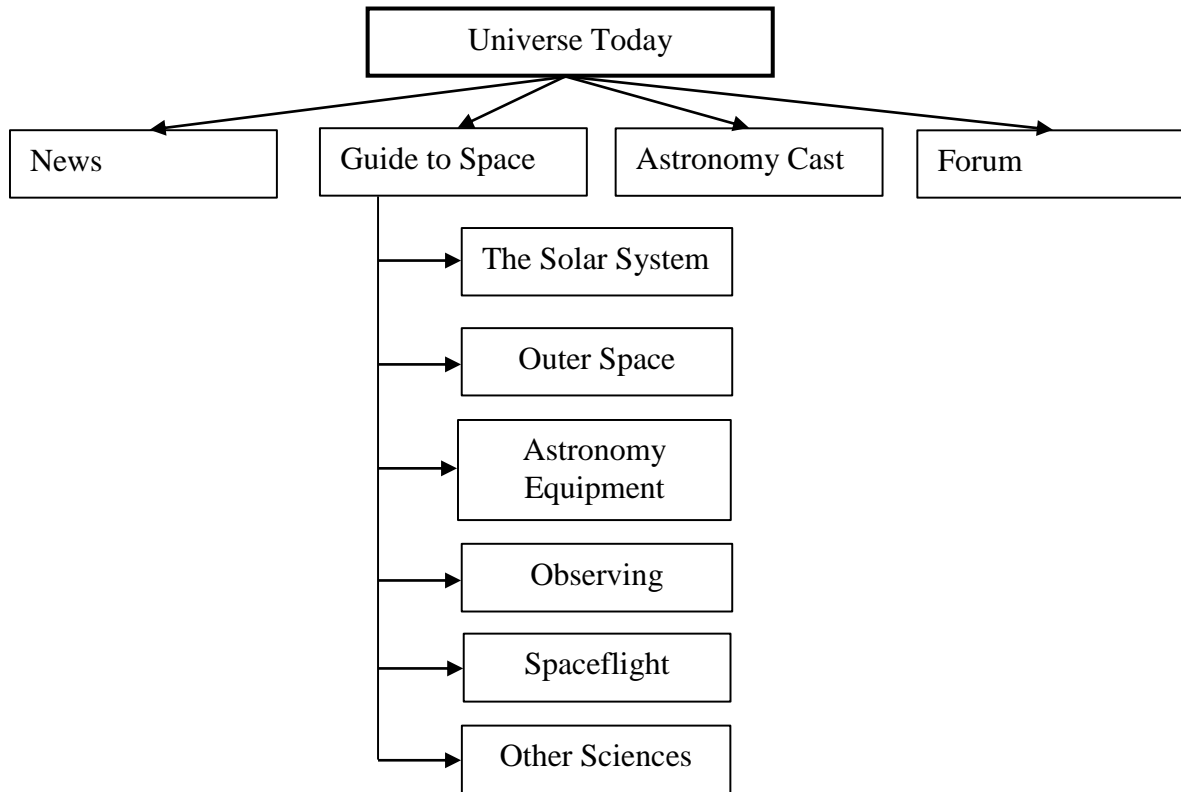
The composition of Mars, is similar to the Earth. The surface is mostly volcanic in origin, with vast plains of basaltic rock – this gives Mars its red color. The density of Mars is  $3.94 \text{ g/cm}^3$ , which means that it probably does have a core of iron below the surface, but scientists don't think it rotates, like we have on Earth, and so, the Mars lacks a significant magnetic field. Without a magnetic field, Mars has no protection from the solar wind and radiation from space – this would make it almost impossible for life on Mars to exist at the surface, but it could be underground.

**Рис. 2.** Страница информационной системы Universe Today

В июле 2003 года был запущен форум, созданный на основе движка Invision Power Board. На конференции реализована возможность загрузки пользователями астрономических изображений. Раздел Astronomy Cast, который позволяет скачивать и прослушивать аудио-подкасты. Среди них в основном дискуссии, которые охватывают и объясняют многие астрономические явления. Самый объемный раздел Guide to Space состоит из нескольких подрубрик:

- The Solar System (информации о планетах Солнечной системы);
- Outer Space (материалы о звездах, галактиках, млечном пути, черных дырах и вселенной);
- Astronomy Equipment (информация о телескопах);
- Observing (астрономия, созвездия, каталог Мессье);
- Spaceflight (информация о проектах Меркурий и Гемини);
- Other Sciences (физика).

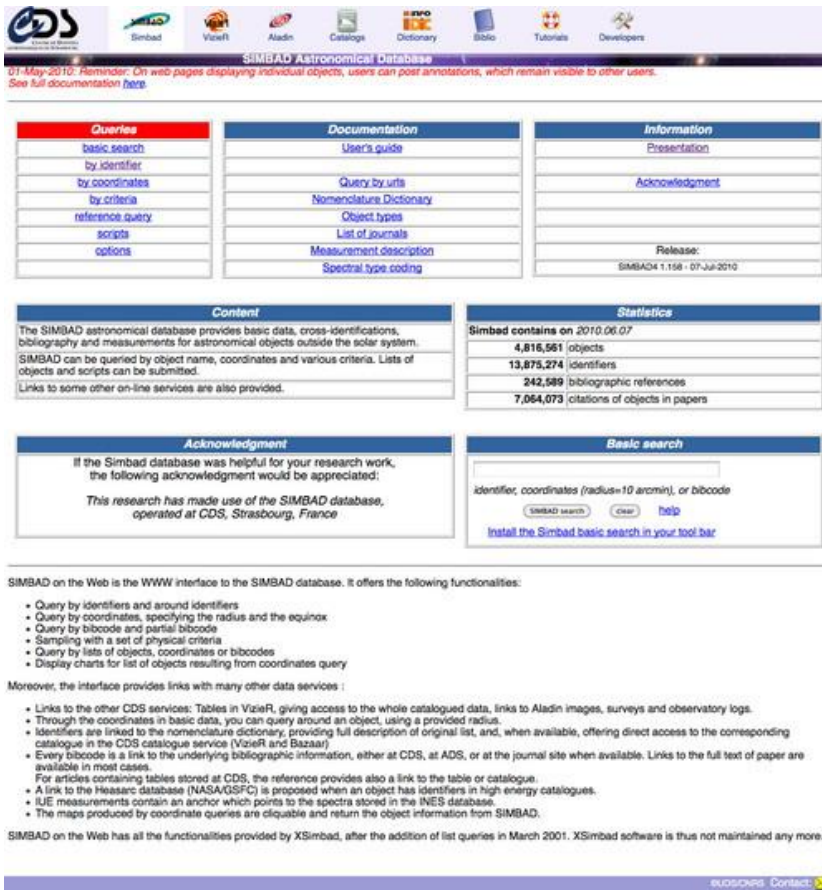
Структура системы приведена на [Рисунке 3](#).



**Рис. 3.** Структура информационной системы Universe Today

*SIMBAD*. The Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Data – SIMBAD представляет собой базу данных астрономических объектов за пределами Солнечной системы. Она находится в ведении Страсбургского центра астрономических данных (Centre de Données astronomiques de Strasbourg (CDS)), Франция (Wenger et al., 2000; Helou et al., 1991).

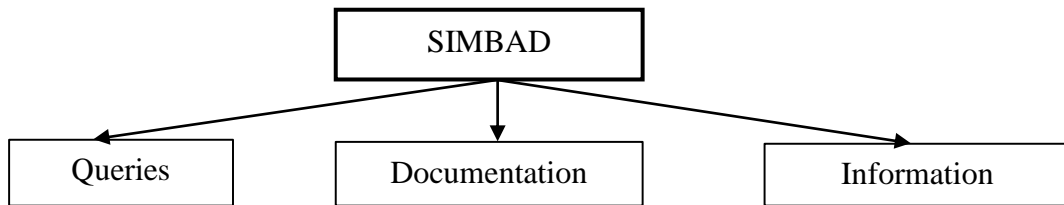
База данных SIMBAD была создана путем слияния каталога звездных идентификаций (CSI) и библиографического звездного индекса и расширения их за счет дополнительных источников данных из других каталогов и научной литературы. Первая онлайн-интерактивная версия, известная как «Версия 2», была представлена в 1981 году. «Версия 3», разработанная на языке С и работающая на платформе UNIX в страсбургской обсерватории, была выпущена в 1990 году. Осенью 2006 года увидела свет «Версия 4» базы данных, которая в настоящее время хранится в СУБД PostgreSQL и полностью написана на Java (Рисунок 4).



**Рис. 4.** Главная страница информационной системы SIMBAD

Структурно SIMBAD состоит из трех узлов (Рисунок 5):

- Queries – непосредственно поиск по базе данных;
- Documentation – руководство по работе с базой данных;
- Information – прикладная информация.



**Рис. 5.** Структура информационной системы SIMBAD

Для указания ссылок на литературу в SIMBAD применяется специально для него разработанный идентификатор Bibcode, который сейчас используется более широко, например, в системах NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) и NASA Astrophysics Data System. Код обладает фиксированной длиной из 19 символов и имеет следующий вид:

YYYYJJJJVVVVMPPPA, где YYYY – 4-значный год ссылки; JJJJ – код, указывающий, где ссылка была опубликована; VVVV – номер журнала; M – раздел журнала; PPPP – номер страницы; A – первая буква фамилия первого автора; периоды (.) используются для заполнения неиспользуемых полей. Помимо Bibcode, SIMBAD позволяет

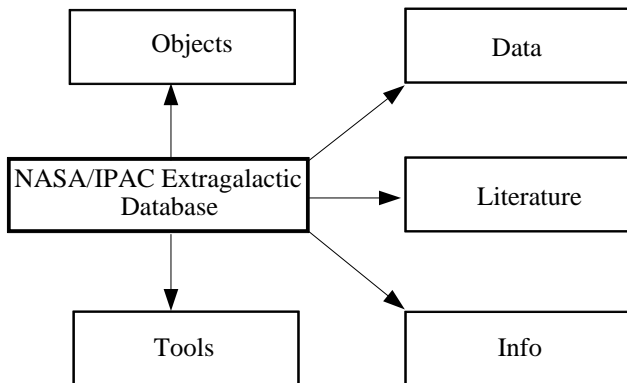
осуществлять поиск по идентификатору объекта, его координатам, физическим свойствам и другим критериям. В честь этой базы данных был назван астероид 4692 SIMBAD (1983 VM7).

**NASA/IPAC Extragalactic Database.** Внегалактическая база данных NASA/IPAC (NED) является онлайн-астрономической базой данных, которая собирает и осуществляет взаимную корреляцию астрономических данных о внегалактических объектах (галактики, квазары, радио, рентгеновские и инфракрасные источники и т.д.) (Helou et al., 1995; Kurtz et al., 1993). Работа NED поддерживается Лабораторией реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory) в кампусе Калифорнийского технологического института, по контракту с НАСА (Рисунок 6).



**Рис. 6.** Главная страница информационной системы NASA/IPAC Extragalactic Database

База данных NED (Рисунок 7) содержит информацию: об около 200 млн. уникальных астрономических объектов; более 5 млн. объектов, связанных с 75.372 ссылками; около 200 млн. мультиволновых кросс-идентификаций между объектами; более 2 млрд. фотометрических измерений; более 1,7 млн. объектов с как минимум одним красным смещением; более 170 детальных классификаций для объектов. Структура системы приведена на Рисунке 7.



**Рис. 7.** Структура информационной системы NASA/IPAC Extragalactic Database

NASA/IPAC Extragalactic Database представлена 5 разделами:

- Objects (поиск объектов по имени, расположению, типу, коду и другим параметрам);
- Data (поиск изображений по названию объекта или региону, поиск фотометрических данных и данных по базе спектров);
- Literature (поиск абстрактов и литературы по названию объекта, имени автора и ключевым словам);
- Tools (конвертеры координат, космологические калькуляторы и другие инструменты);
- Info (новости, обзор и частые вопросы о системе, каталог ссылок, данные о команде и способах связи).

В базу данных NASA/IPAC Extragalactic Database регулярно вносятся дополнения и поправки. Кроме того, вносятся изменения и в структуру, например, добавляются иконки и ссылки на дополнительную информацию. К сожалению, изменения не затрагивают графическое оформление страниц поиска и его результатов. Следует заметить, что оно не самое лучшее – читать светло-бежевый текст на темном фоне с неравномерной текстурой неудобно.

*The SAO/NASA Astrophysics Data System.* Астрофизическая информационная система НАСА (ADS – Astrophysics Data System, далее АИС НАСА) – это электронная библиотека, состоящая более чем из 8,4 млн. документов по астрономии и физике с начала XIX века как из рецензируемых, так и из нерецензируемых источников. Основная часть данных ADS состоит из библиографических записей и отсканированной астрономической литературы, которые доступны для поиска через широко настраиваемые формы запроса (Eichhorn et al., 1995; McMahon, 1996).

Для многих статей в системе доступны бесплатные рефераты. Отсканированные старые статьи размещены в форматах GIF и PDF. Новые статьи сопровождаются ссылками на электронные версии, размещенные на сайтах журналов. Электронные версии обычно доступны по платной подписке, которая, как правило, есть у большинства факультетов астрономических исследований (Рисунок 8).

Первая версия АИС НАСА была создана в 1988 году и состояла из 40 документов. Летом 1993 база данных АИС НАСА была успешно подключена к базе данных SIMBAD. Первоначально сервис был доступен только во внутренней сети НАСА, но в начале 1994 года стал доступен всем пользователям зарождающейся Всемирной паутины. Число пользователей сервиса за пять недель после опубликования его в Интернете АИС НАСА возросло в четыре раза.

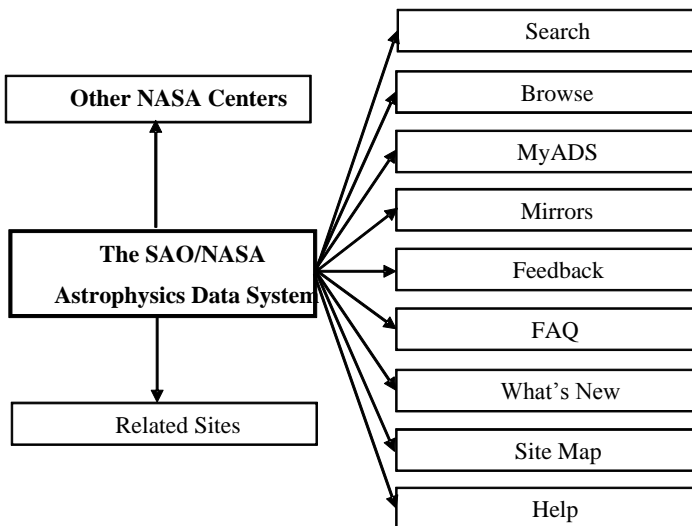
The screenshot shows the homepage of the ADS system. At the top right is a 'Sign on' link. On the left, there are two vertical menus: 'ADS Services' (Search, Browse, myADS, Micos, Feedback, FAQ, What's new, Site Map, Help) and 'Other NASA Centers' (CXC, HEASARC, IBSA, LAMOST, MAST, NED, NSSDC, ESO, SPITZER). Below these is a 'Related Sites' section with links to AAS, ADSIC, arXiv, COS, and IAU. The main content area has a search bar with 'Search', 'Browse', and 'Help' buttons. Below the search bar is a welcome message: 'Welcome to the Digital Library for Physics and Astronomy'. This is followed by a statement: 'This site is hosted by the High Energy Astrophysics Division at the Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics'. The main text describes the ADS as a Digital Library portal for researchers in Astronomy and Physics, operated by the Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) under a NASA grant. It mentions that the ADS maintains three bibliographic databases containing more than 8.4 million records. A 'Please note' section states that all abstracts and articles are copyrighted by the publisher and their use is free for personal use only. Below this, it mentions the 'myADS Update Service' and provides information on how to acknowledge the ADS in a publication. A list of ADS personnel is provided, including Dr. Stephen S. Murray (Principal Investigator), Dr. Alberto Accomazzi (Project Manager), Dr. Michael J. Kurtz (Scientist), Carolyn Stern Grant (Programmer), Edwin Henneken (Programmer), Giovanni Di Milla (Programmer), Jay Luker (Programmer), Elizabeth Bohlen (Computer Specialist), and Donna Thompson (Library Specialist). At the bottom, there is a contact information section for ADS staff, including the email address 'ads at cfa.harvard.edu'.

**Рис. 8.** Главная страница информационной системы The SAO/NASA Astrophysics Data System

Вначале журнальные статьи, доступные в АИС НАСА, представляли собой отсканированные с бумажных журналов растровые изображения, но с 1995 года и далее *Astrophysical Journal* стал публиковать электронную версию, за ним вскоре последовали другие крупные журналы, такие как *Astronomy and Astrophysics* и *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. С появлением таких электронных версий АИС НАСА стала давать на них ссылки. Примерно с 1995 года число пользователей АИС НАСА удваивалось приблизительно каждые два года. В настоящее время АИС НАСА заключены соглашения о предоставлении рефератов практически со всеми астрономическими журналами (около 200 наименований).

АИС НАСА работает на специально написанном для нее программном обеспечении на платформе Linux. Основной сервер (двойной 64-разрядный сервер Intel X86 с двумя четырехъядерными процессорами 3,0 ГГц и 32 Гб оперативной памяти) находится в Гарвард-Смитсоновском астрофизическом центре в Кембридже. Зеркала расположены в Бразилии, Великобритании, Германии, Индии, Индонезии, Китае, России, Украине, Франции, Чили, Южной Корее и Японии. База данных синхронизируется посредством еженедельных обновлений с использованием утилиты зеркального копирования, которая позволяет обновлять только те части базы данных, которые изменились. Все обновления запускаются централизованно, путем запуска скриптов на зеркалах, которые перемещают обновления с главных серверов АИС НАСА (Рисунок 9).





**Рис. 9.** Структура информационной системы The SAO/NASA Astrophysics Data System

Рассмотрим, в каком виде хранятся данные в информационной системе ADS. Документы индексируются в базе данных по их библиографическим записям. Эти записи содержат информацию о журнале, в котором они были опубликованы, и различные связанные с ними метаданные, такие, как список авторов, ссылки и цитаты. Первоначально эти данные хранились в формате ASCII, но в 2000 году были переведены в формат XML (Extensible Markup Language). Библиографические записи в настоящее время хранятся в виде элементов XML с суб-элементами для различных метаданных.

С появлением электронных версий журналов абстракты стали загружаться в ADS одновременно или до публикации статей. Полный журнальный текст теперь доступен по подписке. Старые статьи были отсканированы, а абстракты созданы путем распознавания текста специальным программным обеспечением. Отсканированные статьи до 1995 года в большинстве доступны для бесплатного просмотра.

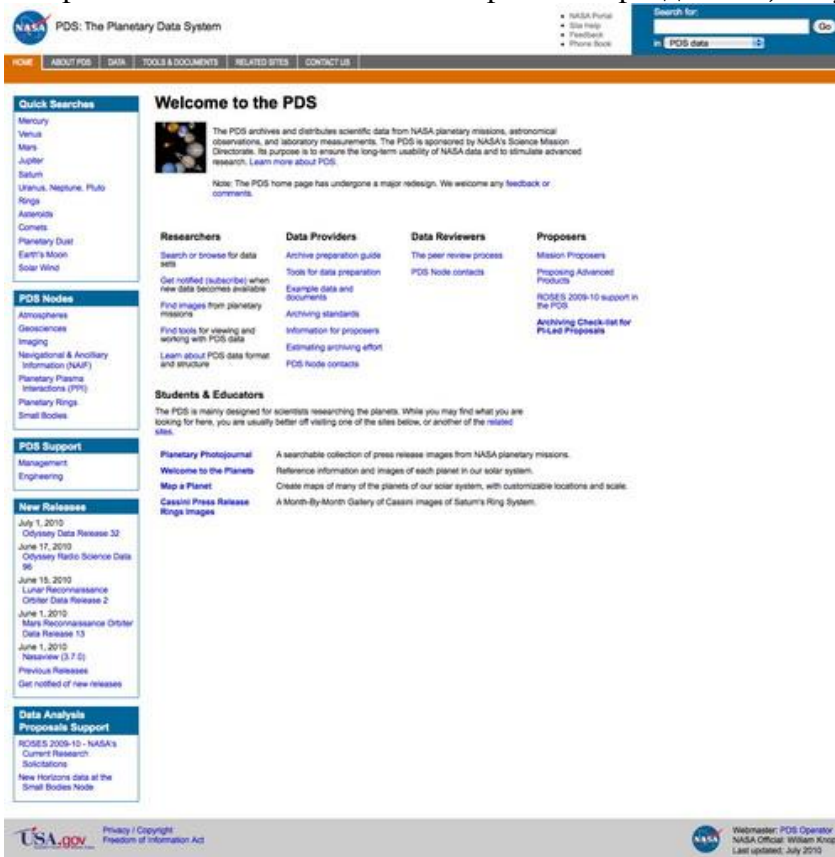
Отсканированные статьи хранятся в формате TIFF в среднем и высоком разрешении. По запросу пользователя TIFF файлы конвертируются в формат GIF для быстрого просмотра на экране, а также в PDF и PostScript — для печати. Генерируемые файлы затем кэшируются, это позволяет избежать частой регенерации популярных статей и снизить нагрузку на сервер. В у ADS содержится архив ADS состоит из 2 Тб отсканированных материалов. Первоначально база данных состояла только из астрономических данных, но теперь содержит 3 базы данных, охватывающих астрономию (в том числе планетные науки и физику Солнца), физику (в том числе науки о Земле), а также препринты научных статей из ArXiv. Астрономическая базы данных на сегодняшний день является наиболее крупной и занимает около 85 % от общего объема ADS. Статьи относятся к различным базам данных в соответствии с предметом, а не журналом, в котором они опубликованы. Таким образом, статьи из любого журнала могут присутствовать во всех трех тематических базах данных. Разделение баз данных позволяет осуществлять поиск в каждой дисциплине так, что слова могут автоматически получить разные весовые функции при поиске в различных базах данных в зависимости от их распространенности в соответствующей области.

Данные в архиве препринтов обновляются ежедневно из ArXiv, главного хранилища препринтов по физике и астрономии. Появление препринт серверов, таких как ADS, оказало значительное влияние на скорость астрономических исследований, поскольку публикации часто становятся доступными с препринт серверов за недели или месяцы до того, как они будут опубликованы в журналах. Включение препринтов от ArXiv в ADS означает, что поисковая система может выдавать самые последние из доступных исследований, с оговоркой, что препринты, возможно, еще не были рецензированы или не проверены на соответствие требуемым стандартам для публикации в журналах. База данных ADS связывает по мере возможности препринты с впоследствии опубликованными статьями,

поэтому поиск по цитатам и ссылкам выдаст ссылки на журнальные статьи, где препринт был приведен.

С момента запуска в 1992 году АИС НАСА является мощным исследовательским инструментом, оказывающим значительное влияние на эффективность астрономических исследований. С помощью современного поискового механизма АИС НАСА, специально созданного для нужд астрономии, информационные поиски, которые занимали бы ранее дни или недели сейчас можно выполнить за секунды. Исследования показали, что выгода астрономии от АИС НАСА эквивалентна нескольким сотням миллионов долларов США ежегодно. По приблизительным оценкам система утроила аудиторию научных журналов по астрономии.

*Planetary Data System.* Planetary Data System представляет собой распределенную информационную систему, которую NASA использует для хранения данных, собранных в результате миссий по изучению Солнечной системы и наземных исследований (Hughes, Li, 1993; Hughes, 2005). Эти данные, как правило, получены из прошлых и настоящих планетных миссий (исследований, космических полетов), проводимых NASA. Обращает на себя внимание разработка семантики для базы (Tsvetkov, 2013), что дает возможность решать задачи семантического моделирования (Tsvetkov, 2014b). PDS работает с проектами полетов в течение всех этапов исследования – перед запуском помогает персоналу, связанному с проектом полета, проектировать наборы данных и системы производства данных; в течение активной части миссии – собирать новые наборы данных; а после завершения активной части – собирать наборы данных, полученные ранее (Рисунок 10).

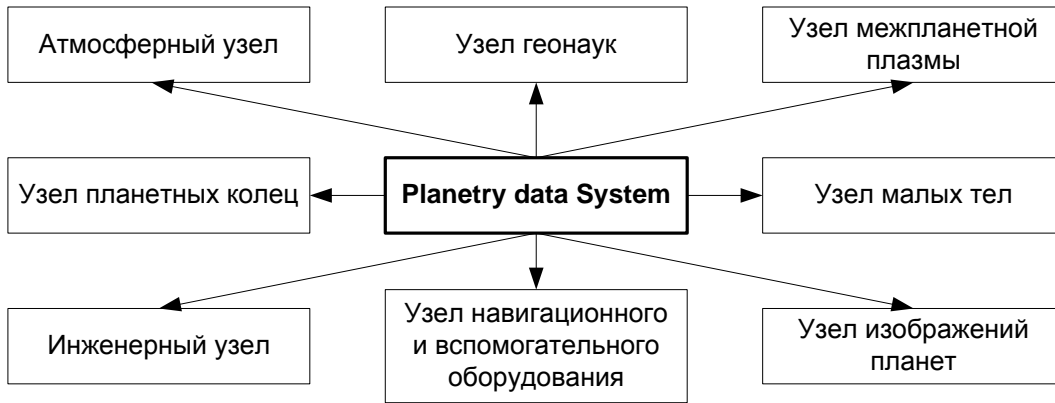


**Рис. 10.** Главная страница информационной системы Planetary Data System

Основная цель PDS – это поддержание архива планетных данных, к которым смогут получить доступ будущие поколения ученых, понять их и использовать. PDS пытается обеспечить совместимость архива, придерживаясь строгих стандартов хранения информации, форматов архивирования, а также необходимой документации.

Структура PDS состоит из ряда «узлов» по нескольким научным дисциплинам, которые индивидуально курируются учеными по планетной тематике. Planetary Data System

включает 8 узлов (**Рисунок 11**), каждый из которых специализируется на определенном типе данных. 5 узлов распределены между научными дисциплинами, а остальные 3 – узлы поддержки. В дополнение есть несколько подузлов и узлов данных, точный статус которых меняется с течением времени. Каждым из узлов руководит отдельный институт, который отвечает за развитие и наполнение архива данными, их обработку и хранение.



**Рис. 11.** Структура информационной системы Planetary Data System

Planetary Data System – это распределенная информационная система с центральным узлом, расположенным в Лаборатории реактивного движения в Пасадене, Калифорния. Центральный узел служит как центр управления PDS, занимающийся глобальными задачами, такими как стандарты (данные, программное обеспечение, документация, операционные процедуры), исследование технологий, координация интерфейсов с миссиями и восстановителями данных, координация и развитие многопользовательских программных продуктов, координация заказанных и распределенных данных, развитие и обслуживание каталогов PDS. Узлы научных дисциплин PDS:

- **Атмосферный узел** отвечает за сбор, хранение и распространение всех невизуальных данных об атмосфере из всех планетных миссий за исключением наблюдений Земли. Работа узла поддерживается Государственным университетом Нью-Мексико (New Mexico State University).

- **Узел геонаук** собирает и классифицирует цифровые данные о поверхности и рельефе планет Земной группы. Над узлом работает Вашингтонский университет (Washington University).

- **Узел межпланетной плазмы** содержит данные о взаимодействии между солнечным ветром и планетарными ветрами с планетными магнитосферами, ионосферами и поверхностями. Узел возглавляется Университетом Калифорнии (University of California).

- **Узел колец планет** занимается сбором, классификацией и обработкой научных данных, относящихся к системе планетных колец. Работа узла обеспечивается институтом SETI (SETI Institute).

- **Узел малых тел** специализируется на данных об астероидах, кометах и планетной пыли. Узел находится под управлением Университета штата Мэриленд (University of Maryland) и включает в себя 2 подузла:

- **Подузел комет** (University of Maryland);

- **Подузел астероидов и межпланетной пыли** (Planetary Science Institute).

Узлы поддержки PDS включают:

- **Инженерный узел**, который обеспечивает поддержку инженерных систем PDS. Он расположен в Лаборатории реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory).

- **Узел навигационного и вспомогательного информационного оборудования**, поддерживающий информационную систему SPICE, которая обеспечивает вспомогательные геометрические данные для космических миссий. Он расположен в Лаборатории реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory).

• **Узел изображений планет**, который собирает и хранит цифровые снимки планет, полученные в результате прошлых, настоящих и будущих космических исследований НАСА. За поддержание его работы отвечает Служба геологической съемки США (United States Geological Survey).

Все узлы Planetary Data System имеют равную значимость и ответственны за сбор, обработку и хранение планетных данных и за их соответствие текущим и новым проектам. Каждым узлом управляют специализированные институты, которые обеспечивают их работу, занимаются наполнением баз данных и консультируют пользователей. Сайты узлов PDS имеют схожую структуру и простое понятное графическое оформление.

### 3. Заключение

Информационные системы по планетной тематике часто имеют узко специализированный характер. Некоторые из них (например, Malin Space Science Systems и Center of Mars Exploration) ориентированы на отдельные миссии, другие (NASA/IPAC Extragalactic Database) только на исходные первичные данные, нуждающиеся в последующей обработке. Иными словами комплексная информационная система по планетной картографии отсутствует не только в российском сегменте Интернет, но и в мировом. Наиболее информативной из рассмотренных систем является американская Planetary Data System, состоящая из 8 узлов по планетной тематике. Она обладает удобной структурой распределения данных, в которой за каждый узел отвечает отдельный специализированный институт. В главе было проанализировано, в каком виде и в каких форматах хранятся данные информационной системы и какими способами их можно получать и использовать. С информационной системы The Nine Planets стоит взять пример и в плане тщательной связи (гереференции (Hill, 2009)) отдельных страниц взаимными ссылками. Особенно этому стоит уделить внимание при переводе в электронный вид многочисленных печатных материалов по планетной тематике. Благодаря грамотному размещению ссылок между страницами пользователи смогут быстро получать необходимую дополнительную информацию, а информационная система станет более заметной в поисковых системах. Необходимо отметить опыт разработки интернет-ресурса «The Planetary Society», единственного из рассмотренных ресурсов, авторы которого ведут активную деятельность в социальных сетях и интерактивных сервисах. Необходимо отметить, что в рассмотренных системах практически не отражены результаты научной деятельности советских и российских ученых. Проведенный анализ показал, что только одна информационная система использует свободно распространяемую систему управления содержанием, это – Universe Today (CMS WordPress). В основе ИС The Planetary Society лежит коммерческая CMS ExpressionEngine. Остальные информационные системы работают на основе собственных систем управления, либо вообще без них. Существенным минусом организации информационной системы на основе обычных HTML-страниц (Center for Mars Exploration, The Nine Planets) является сложность в ее обновлении и отсутствие собственного поискового сервиса. Вторую проблему создатели ИС The Nine Planets решили, установив на свой ресурс поиск от системы Google. Но и у этого подхода есть минус – в случае если страницы сайта по каким-либо причинам выпадут из индекса (базы данных) поисковой системы, поиск по ним будет невозможен. Создание большинства систем изначально исходило из принципа накопления информации. Поэтому не достаточно отражена заданная тематика, например, слабо представлена проблем астеройдно-кометной опасности (Tsvetkov, 2016; Kulagin, 2017). В целом следует отметить, что большинство информационных планетарных систем находятся в состоянии развития и требуют совершенствования в первую очередь в части развития интерфейса.

### Литература

Булгаков, Цветков, 2018 – Булгаков С.В., Цветков В.Я. Пространственный анализ: Монография. Москва: МАКС Пресс, 2018. 216 с.

Когаловский и др., 2009 – Когаловский М. Р. и др. Глоссарий по информационному обществу / Под общ. ред. Ю. Е. Хохлова. М.: Институт развития информационного общества, 2009. 160 с.

Монахов и др., 2005 – Монахов С.В., Савиных В.П., Цветков В.Я. Методология анализа и проектирования сложных информационных систем. М.: Просвещение, 2005. 264 с.

Федеральный закон..., 2006 – Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ. Об информации, информационных технологиях и о защите информации.

Borcard, Legendre, 2002 – Borcard D., Legendre P. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices // *Ecological Modelling*, 2002, Т. 153, № 1-2, pp. 51-68.

Egret et al., 1991 – Egret D., Wenger M., Dubois P. The SIMBAD astronomical database // *Databases & On-line Data in Astronomy*. Springer, Dordrecht, 1991, pp. 79-88.

Eichhorn et al., 1995 – Eichhorn G. et al. The New Astrophysics Data System // *Astronomical Data Analysis Software and Systems IV*, 1995, V. 77, P. 28.

Fotheringham, Rogerson, 2013 – Fotheringham S., Rogerson P. (ed.). Spatial analysis and GIS. CRC Press, 2013.

Helou et al., 1991 – Helou G. et al. The NASA/IPAC extragalactic database // *Databases & On-Line Data in Astronomy*. Springer, Dordrecht, 1991, pp. 89-106.

Helou et al., 1995 – Helou G. et al. The NASA/IPAC Extragalactic Database // *Information & On-Line Data in Astronomy*. Springer, Dordrecht, 1995, P. 95-113.

Hill, 2009 – Hill Linda L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information. MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England, 2009, 272 p.

Hughes, 2005 – Hughes J.S. et al. The semantic planetary data system. 2005.

Hughes, Li, 1993 – Hughes J.S., Li Y.P. The Planetary Data System Data Model // *Proceedings Twelfth IEEE Symposium on Mass Storage systems. IEEE*, 1993, pp. 183-189.

ISO/IEC 2382 – ISO/IEC 2382: 2015 Information technology – Vocabulary.

Kulagin, 2017 – Kulagin V.P. Monitoring of Dangerous Space Bodies // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*, 2017, 3(1), pp. 4-12.

Kurtz et al., 1993 – Kurtz M.J. et al. Intelligent text retrieval in the NASA Astrophysics Data System // *Astronomical Data Analysis Software and Systems II*, 1993, Т. 52, P. 132.

McMahon, 1996 – McMahon S.K. Overview of the planetary data system // *Planetary and Space Science*, 1996, Т. 44, № 1, pp. 3-12.

Sigov, Tsvetkov, 2015 – Sigov A.S., Tsvetkov V.Ya. Tacit Knowledge: Oppositional Logical Analysis and Typologization // *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2015, Vol. 85, No. 5, pp. 429-433.

Tsvetkov, 2013 – Tsvetkov V.Ya. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // *European researcher. Series A*, 2013, № 4-1 (45), pp. 782-786.

Tsvetkov, 2014a – Tsvetkov V.Ya. Worldview Model as the Result of Education // *World Applied Sciences Journal*, 2014, 31 (2), pp. 211-215.

Tsvetkov, 2014b – Tsvetkov V.Ya. Semantic environment of information units // *European researcher*, 2014, № 6-1 (76), pp. 1059-1065.

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.

Wenger et al., 2000 – Wenger M. et al. The SIMBAD astronomical database – The CDS reference database for astronomical objects // *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*. 2000. V. 143. №. 1. pp. 9-22.

## References

Borcard, Legendre, 2002 – Borcard D., Legendre P. (2002). All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecological Modelling*, Т. 153, № 1-2, pp. 51-68.

Bulgakov, Tsvetkov, 2018 – Bulgakov S.V., Tsvetkov V.Ya. (2018). Prostranstvennyi analiz: Monografiya [Spatial analysis: Monograph]. Moskva: MAKS Press, 216 p. [in Russian]

Egret et al., 1991 – Egret D., Wenger M., Dubois P. (1991). The SIMBAD astronomical database // *Databases & On-line Data in Astronomy*. Springer, Dordrecht, pp. 79-88.

Eichhorn et al., 1995 – Eichhorn G. et al. (1995). The New Astrophysics Data System. *Astronomical Data Analysis Software and Systems IV*, V. 77, P. 28.

Federal'nyi zakon..., 2006 – Federal'nyi zakon Rossiiskoi Federatsii ot 27 iyulya 2006 g. № 149-FZ. Ob informatsii, informatsionnykh tekhnologiyakh i o zashchite informatsii [Federal Law of

the Russian Federation dated July 27, 2006 No. 149-ФЗ. On information, information technology and information security]. [in Russian]

Fotheringham, Rogerson, 2013 – Fotheringham S., Rogerson P. (2013). (ed.). Spatial analysis and GIS. CRC Press.

Helou et al., 1991 – Helou G. et al. (1991). The NASA/IPAC extragalactic database. Databases & On-Line Data in Astronomy. Springer, Dordrecht, pp. 89-106.

Helou et al., 1995 – Helou G. et al. (1995). The NASA/IPAC Extragalactic Database. Information & On-Line Data in Astronomy. Springer, Dordrecht, P. 95-113.

Hill, 2009 – Hill Linda L. (2009). Georeferencing: The Geographic Associations of Information. MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England, 272 p.

Hughes, 2005 – Hughes J.S. et al. (2005). The semantic planetary data system.

Hughes, Li, 1993 – Hughes J.S., Li Y.P. (1993). The Planetary Data System Data Model. *Proceedings Twelfth IEEE Symposium on Mass Storage systems. IEEE*, pp. 183-189.

ISO/IEC 2382 – ISO/IEC 2382: 2015 Information technology – Vocabulary.

Kogalovskii i dr., 2009 – Kogalovskii M.R. i dr. (2009). Glossarii po informatsionnomu obshchestvu [Glossary of the information society]. Pod obshch. red. Yu. E. Khokhlova. M.: Institut razvitiya informatsionnogo obshchestva, 160 p. [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.

Kurtz et al., 1993 – Kurtz M.J. et al. (1993). Intelligent text retrieval in the NASA Astrophysics Data System. *Astronomical Data Analysis Software and Systems II*, T. 52, P. 132.

McMahon, 1996 – McMahon S.K. (1996). Overview of the planetary data system. *Planetary and Space Science*, T. 44, № 1, pp. 3-12.

Monakhov i dr., 2005 – Monakhov S.V., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2005). Metodologiya analiza i proektirovaniya slozhnykh informatsionnykh system [Methodology of analysis and design of complex information systems]. M.: Prosveshchenie, 264 p. [in Russian]

Sigov, Tsvetkov, 2015 – Sigov A.S., Tsvetkov V.Ya. (2015). Tacit Knowledge: Oppositional Logical Analysis and Typologization. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, Vol. 85, No. 5, pp. 429-433.

Tsvetkov, 2013 – Tsvetkov V.Ya. (2013). Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination. *European researcher. Series A*, № 4-1 (45), pp. 782-786.

Tsvetkov, 2014a – Tsvetkov V.Ya. (2014). Worldview Model as the Result of Education. *World Applied Sciences Journal*, 31 (2), pp. 211-215.

Tsvetkov, 2014b – Tsvetkov V.Ya. (2014). Semantic environment of information units. *European researcher*, № 6-1 (76), pp. 1059-1065.

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.

Wenger et al., 2000 – Wenger M. et al. (2000). The SIMBAD astronomical database – The CDS reference database for astronomical objects. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*. V. 143. №. 1. pp. 9-22.

## Информационные системы по планетным исследованиям

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

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

**Аннотация.** Статья исследует информационные системы по планетным исследованиям. Раскрыты принципы построения информационных систем. Показано, что результатом современной информационной системы является структурированная информация и новые знания. Первичная функция информационной системы состоит в структуризации и систематизации исходной информации. Статья вводит понятие объектный

\* Корреспондирующий автор

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

и пространственный космический анализ. Описаны принципы работы разных информационных систем. Проведен сравнительный анализ планетных систем. Показаны особенности различных информационных планетных систем. Современные информационные системы по планетной тематике выполняют в основном накопительные функции. Они слабо выполняют аналитические функции.

**Ключевые слова:** космические исследования, информационные системы, планетные системы, моделирование, пространственный анализ.