



Получено: 23.01.2026 г. | Принято: 02.02.2026 г. | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2026.19.1.8.15>

Научная статья

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ В КОСМОСЕ СОЛНЕЧНЫМ СВЕТОМ

Б.А.Логинов^{1, 4, 5}, рук. проекта, ORCID: 0000-0001-5081-1424 / b-loginov@mail.ru
В.А.Беспалов¹, д.т.н., чл.-корр. РАН, науч. рук., ORCID: 0000-0003-4976-8515
Ю.В.Хрипунов^{2, 5}, к.ф.-м.н., ORCID: 0000-0003-2250-0420
А.Б.Логинов^{1, 3, 4}, к.ф.-м.н., ORCID: 0000-0003-2090-5301
В.Б.Логинов^{1, 4}, вед. констр., ORCID: 0000-0002-2116-7411
Д.Е.Абдужалалов^{5, 6}, ORCID: 0009-0009-8472-8093
С.Б.Конакбаева^{5, 6}, ORCID: 0009-0005-8809-1086
С.Е.Курлысов^{5, 6}, ORCID: 0009-0003-0756-7747
А.Е.Макарова^{5, 6}, ORCID: 0009-0003-4289-2123
И.А.Максутов^{5, 6}, ORCID: 0009-0009-5678-408X
Б.Мухибаев^{5, 6}, ORCID: 0009-0006-5825-8639
З.Т.Нурканова^{5, 6}, ORCID: 0009-0000-7555-2318
А.Нурмашев^{5, 6}, ORCID: 0009-0009-8648-1645
А.К.Оканов^{5, 6}, ORCID: 0009-0003-0113-7818
К.Б.Сейтжан^{5, 6}, ORCID: 0009-0004-6789-3699
И.А.Сопрыгин^{5, 6}, ORCID: 0009-0000-0775-4065
А.Т.Шаншар^{5, 6}, ORCID: 0009-0005-7708-8965
А.Е.Эркинова^{5, 6}, ORCID: 0009-0006-0653-6289
П.П.Логинова⁷, ORCID: 0009-0000-8015-8999

Аннотация. По результатам анализа уникальных кадров с первого в мире космического сканирующего зондового микроскопа СММ-2000С, снимающего с нанометровой точностью изменение рельефа золотого зеркала под воздействием открытого космоса, высказана и подтверждена в экспериментах на Земле гипотеза о существовании механизма восстановления поверхности материалов в космосе солнечным светом.

Ключевые слова: сканирующий зондовый микроскоп, спутник Земли, воздействие света

Для цитирования: Б.А. Логинов, В.А. Беспалов, Ю.В. Хрипунов, А.Б. Логинов, В.Б. Логинов, Д.Е. Абдужалалов, С.Б. Конакбаева, С.Е. Курлысов, А.Е. Макарова, И.А. Максутов, Б. Мухибаев, З.Т. Нурканова, А. Нурмашев, А.К. Оканов, К.Б. Сейтжан, И.А. Сопрыгин, А.Т. Шаншар, А.Е. Эркинова, П.П. Логинова. Исследование механизма восстановления поверхности материалов в космосе солнечным светом. НАНОИНДУСТРИЯ. 2026. Т. 19. № 1. С. 8-15. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2026.19.1.8.15>.

¹ Национальный исследовательский университет МИЭТ, Зеленоград, Россия / National Research University of Electronic Technology (MIET), Zelenograd, Russia

² Орловский государственный университет имени И.С.Тургенева, г. Орел, Россия / Orel State University named after I.S.Turgenev, Orel, Russia

³ МГУ имени М.В.Ломоносова, Физический факультет, Москва, Россия / Lomonosov Moscow State University, Physical Department, Moscow, Russia

⁴ АО "Завод ПРОТОН", Зеленоград, Россия / JSC PROTON Plant, Moscow, Russia

⁵ Образовательный центр "Сириус", федеральная территория "Сириус", Россия / Educational Centre "Sirius", Sirius Federal Territory, Russia

⁶ ГКППХВ "Дворец школьников" Управления образования г. Алматы, г. Алматы, Республика Казахстан / "Palace of Schoolchildren" of the Education Department of Almaty, Republic of Kazakhstan

⁷ ГБОУ "Курчатовская школа", Москва, Россия / "Kurchatov School", Moscow, Russia



Received: 23.01.2026 | Accepted: 02.02.2026 | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2026.19.1.8.15>

Original paper

STUDY OF THE MECHANISM OF MATERIAL SURFACE RECOVERY IN SPACE BY SUNLIGHT

B.A. Loginov^{1, 4, 5}, Head of Project, ORCID: 0000-0001-5081-1424 / b-loginov@mail.ru
V.A. Bespalov¹, Doct. of Sci (Tech), Corr. Member of RAS, Scientific supervisor, ORCID: 0000-0003-4976-8515
Yu.V. Khripunov^{2, 5}, Cand. of Sci. (Physics and Mathematics), Docent, ORCID: 0000-0003-2250-0420
A.B. Loginov^{1, 3, 4}, Cand. of Sci. (Physics and Mathematics), ORCID: 0000-0003-2090-5301
V.B. Loginov^{1, 4}, Leading Designer, ORCID: 0000-0002-2116-7411
D. Abduzhalalov^{5, 6}, ORCID: 0009-0009-8472-8093
S. Konakbayeva^{5, 6}, ORCID: 0009-0005-8809-1086
S. Kurllysov^{5, 6}, ORCID: 0009-0003-0756-7747
A. Makarova^{5, 6}, ORCID: 0009-0003-4289-2123
I. Maxutov^{5, 6}, ORCID: 0009-0009-5678-408X
B. Mukhibayev^{5, 6}, ORCID: 0009-0006-5825-8639
Z. Nurkanova^{5, 6}, ORCID: 0009-0000-7555-2318
A. Nurmashev^{5, 6}, ORCID: 0009-0009-8648-1645
A. Okanov^{5, 6}, ORCID: 0009-0003-0113-7818
K. Seytzhан^{5, 6}, ORCID: 0009-0004-6789-3699
I.A. Soprygin^{5, 6}, ORCID: 0009-0000-0775-4065
A. Shanshar^{5, 6}, ORCID: 0009-0005-7708-8965
S. Aisha^{5, 6}, ORCID: 0009-0006-0653-6289
P.P. Loginova⁷, ORCID: 0009-0000-8015-8999

Abstract. Based on the analysis of unique frames from the world's first space scanning probe microscope SMM-2000S, which captures changes in the relief of a gold mirror under outer space influence with nanometer precision, a hypothesis was proposed and confirmed in experiments on Earth about the existence of a mechanism for the self-repair of material surfaces in space by sunlight.

Keywords: scanning probe microscope, Earth satellite, light exposure

For citation: B.A. Loginov, V.A. Bespalov, Yu.V. Khripunov, A.B. Loginov, V.B. Loginov, D. Abduzhalalov, S. Konakbayeva, S. Kurllysov, A. Makarova, I. Maxutov, B. Mukhibayev, Z. Nurkanova, A. Nurmashev, A. Okanov, K. Seytzhан, I. Soprygin, A. Shanshar, S. Aisha, P. Loginova. Study of the mechanism of material surface recovery in space by sunlight. NANOINDUSTRY. 2026. Vol. 19. No. 1. PP. 8-15. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2026.19.1.8.15>.

ВВЕДЕНИЕ

Россией 27 июня 2023 года в космос на спутнике Земли "Нанозонд-1" (<https://r4uab.ru/satdb/nanozond-1/>) был запущен первый в мире [1] спутниковый сканирующий зондовый микроскоп марки "СММ-2000С", который продолжает успешно работать в открытом космосе и давать новые для мира кадры наблюдения открытой для воздействия космоса поверхности. С целью привлечения всего мирового научного сообщества эти кадры опубликованы в [2] для анализа неочевидных на первый взгляд изменений поверхности зеркала. Например, есть

INTRODUCTION

On June 27, 2023, Russia launched the world's first [1] satellite scanning probe microscope of the SMM-2000C model into space on the Earth's satellite "NANOZOND-1" (<https://r4uab.ru/satdb/nanozond-1/>), which continues to operate successfully in open space and provides new observation images of a surface exposed to space. In order to engage the entire global scientific community, these frames were published in [2] for the analysis of surface changes of the mirror that are not immediately obvious. For example, there are frames showing surface destruction of a gold

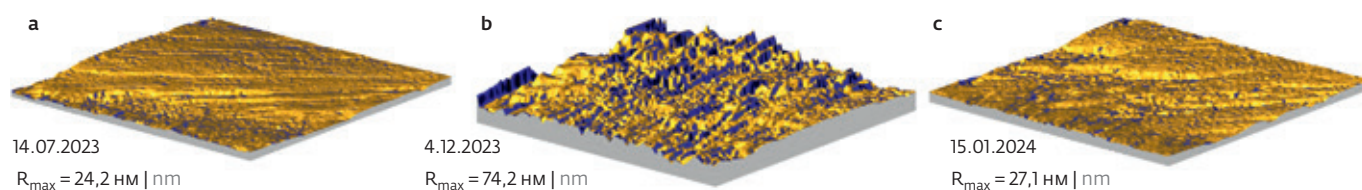


Рис.1. Кадры с одной и той же точки поверхности открытого на космос золотого зеркала с первого в мире спутникового сканирующего зондового микроскопа СММ-2000С: а – 18-й день полета; б – 161-й день полета; с – 203-й день полета. Размер кадров 4×4 мкм. R_{max} – полный разброс высот в кадрах

Fig.1. Frames from the same point on the surface of a gold mirror exposed to space, taken by the world's first satellite scanning probe microscope SMM-2000С: а – 18th day of flight; б – 161st day of flight; с – 203rd day of flight. Frame size 4×4 μm . R_{max} – total range of heights in the frames

кадры разрушения поверхности золотого зеркала с последующим восстановлением в некоторых случаях в виде разглаживания рельефа (рис.1). Однако, если разрушение поверхности было ранее объяснено [3] воздействием потока быстрых ионов солнечного ветра, что было экспериментально подтверждено в наземных вакуумированных установках и потоком ионов аналогично космическим, а также в наземных версиях космического микроскопа, то эффект восстановления поверхности еще требовал разгадки.

ГИПОТЕЗА И ЭКСПЕРИМЕНТ

Возникновение гипотезы о механизме восстановления поверхности золотого зеркала произошло после учета того, что воздействие быстрых ионов солнечного ветра и света от вспышки на Солнце не является одновременным, так как свет достигает околоземного пространства примерно за 8 мин, а солнечный ветер примерно за два дня. Учитывая также то, что спутник с золотым зеркалом вращается при полете, пришло понимание, что разрушение поверхности зеркала ионами солнечного ветра происходит только тогда, когда оно повернуто навстречу солнечному ветру. Также возникла гипотеза о том, что в те моменты, когда солнечный ветер отсутствует, зеркало повернуто в сторону Солнца и на него падает мощный свет и от солнечных вспышек и в целом от Солнца, возможно, это все попадающее на зеркало излучение прогревает мелкие бугорки на разрушенной поверхности, и атомы от них разбегаются по поверхности, застревая во впадинах и щелях, разглаживая таким образом поверхность.

Для экспериментального подтверждения этой гипотезы были проведены эксперименты. В "Вакуумной установке МАГ-5А" (изготовитель – АО "Завод "ПРОТОН", Зеленоград, Россия,

mirror, with subsequent restoration in some cases in the form of smoothing of the relief (Fig.1). However, while the surface destruction had previously been explained [3] by the impact of a stream of fast ions from the solar wind, which was experimentally confirmed in ground-based vacuum setups and by ion streams similar to those in space, as well as in ground-based versions of a space microscope, the effect of surface restoration still required study.

HYPOTHESIS AND EXPERIMENT

The emergence of the hypothesis about the mechanism of the restoration of the gold mirror's surface occurred after taking into account that the impact of fast ions from the solar wind and light from a solar flare does not happen simultaneously, since light reaches near-Earth space in about 8 minutes, while the solar wind takes about 2 days. Also considering that the satellite with the gold mirror rotates during flight, it became clear that the damage to the mirror's surface by solar wind ions occurs only when it is facing the solar wind. There was also a hypothesis that at the moments when the solar wind is absent, the mirror is turned toward the Sun and receives intense light both from solar flares and from the Sun in general. It is possible that all this radiation hitting the mirror heats the small bumps on the damaged surface, and atoms from them spread across the surface, getting stuck in the hollows and crevices, thus smoothing the surface.

To experimentally confirm this hypothesis, experiments were conducted. In the 'MAG-5A Vacuum Apparatus' (manufacturer Proton Plant, Zelenograd, Russia, www.microscopy.su), either a tungsten wire was heated by a strong electric current to a temperature of 3500 K, just below the melting point of tungsten, or the tips of graphite electrodes pressed together



Рис.2. Схемы проведения эксперимента (а, б), где 1 – образец, 2 – стекло, 3 – вольфрамовая проволока, 4 – графитовые стержни; и команда одаренных казахстанских школьников – экспериментаторов: Абдужалалов Диас, г. Жаркент; Конакбаева Саукеле, г. Актау; Курлысов Саян, г. Аксай; Макарова Айгерим, г. Актау; Максұтов Ибрагим, г. Актобе; Мұхйбаев Бакберген, г. Ленгер; Нурканова Загира, пос. Кушмурын; Нурмашев Асылхан, г. Уральск; Оканов Акжан, г. Риддер; Сейтжан Каусар, г. Тараз; Сопрыгин Иван, г. Петропавловск; Шаншар Аиша, г. Актау; Эркинова Алуа, г. Тараз, с руководителем проекта Б.А. Логиновым, Зеленоград, Москва, Россия

Fig.2. Experimental schemes (a, b), where 1 is a sample, 2 is glass, 3 is tungsten wire, 4 are graphite rods; and a team of gifted Kazakhstani schoolchildren experimenters: Abduzhalalov Dias, Zharkent city; Konakbayeva Saukele, Aktau city; Kurlysov Sayan, Aksai city; Makarova Aigerim, Aktau city; Maxutov Ibragim, Aktobe city; Mukhibayev Bakbergen, Lenger city; Nurkanova Zagira, Kushmuryn village; Nurmashev Asylkhan, Uralsk city; Okanov Akzhan, Ridder city; Seytzhn Kausar, Taraz city; Soprygin Ivan, Petropavlovsk city; Shanshar Aisha, Aktau city; Erkinova Alua, Taraz city, with Head of Project B.A. Loginov, Zelenograd, Moscow, Russia

www.microscopy.su) сильным электрическим током нагревалась (рис.2) либо вольфрамовая проволока до температуры 3500 К чуть ниже температуры плавления вольфрама, либо прижатые друг к другу кончики графитовых электродов до температуры 4000 К испарения графита. Образец устанавливался сверху, исследуемой поверхностью вниз на тонкое стеклышко, которое предотвращало попадание на образец испаряющихся при нагреве атомов вольфрама или графита. В рамках "1-го Саммита Талантов", проведенного в г. Алматы Образовательным центром "Сириус" с участием одаренных школьников Казахстана (рис.2) было исследовано изменение под воздействием света поверхности золота, пленка которого иммерсионным способом была нанесена на медь на стеклотекстолите через подслои никеля.

Московская школьница (рис.3) провела независимые аналогичные эксперименты с образцом пиролитического графита типа ZYH, который состоит из многих уложенных друг на друга слоев углерода толщиной в один атом, уложенных

were heated to a temperature of 4000 K, causing graphite to evaporate (Fig.2). The sample was placed on top, with the surface under study facing down on a thin cover glass, which prevented evaporating tungsten or graphite atoms from settling on the sample during heating. During the '1st Talent Summit' held in Almaty by the Sirius Educational Center, with the participation of gifted students from Kazakhstan (Fig.2), the change in the gold surface under the influence of light was studied. The gold film had been applied to copper on a fiberglass laminate using an immersion method over a nickel sublayer.

A schoolgirl from Moscow (Fig.3) conducted independent similar experiments with a sample of pyrolytic graphite of the 'ZYH' type, which consists of many layers of carbon stacked on top of each other with a high degree of misorientation. As a result, when preparing the sample by peeling off its top layer using tape, many small fragments of graphite film with thicknesses ranging from several atoms up to a single-atom-thick graphene formed on its surface (Fig.4).

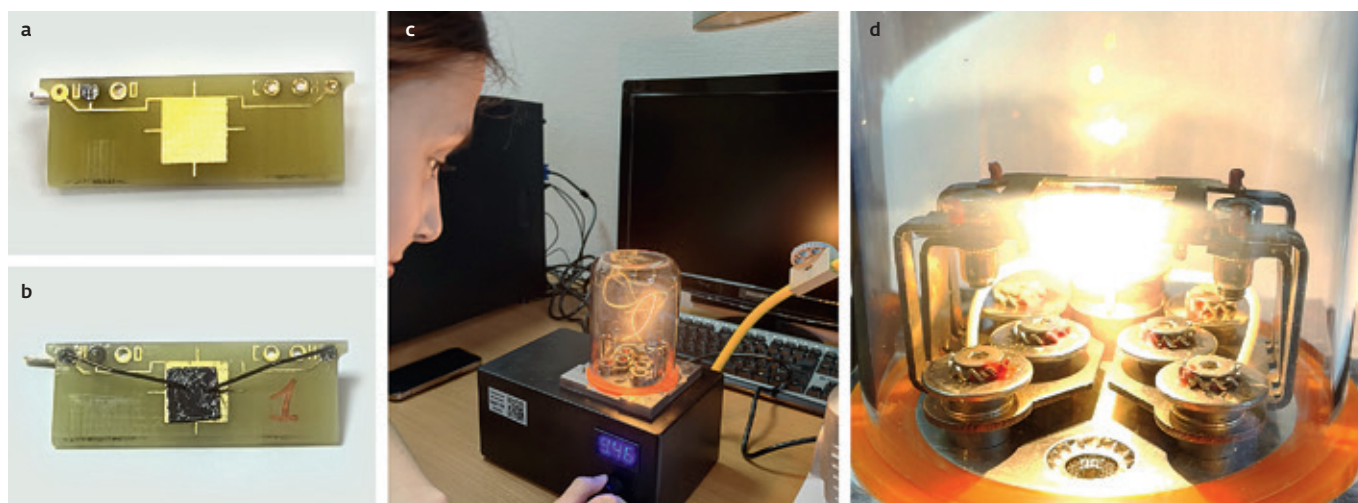


Рис. 3. а – образец золота; б – пиролитический графит; с – московская школьница из Курчатовской школы Логинова Полина проводит эксперимент; д – яркий белый свет от графитовых электродов

Fig. 3. a – gold sample; b – pyrolytic graphite; c – Moscow schoolgirl from Kurchatov School, Polina Loginova, conducting an experiment; d – bright white light from graphite electrodes

с большим углом разориентации, из-за чего при подготовке образца путем отслаивания его верхнего слоя при помощи скотча на его поверхности образовывалось много мелких фрагментов графитовой пленки толщиной от нескольких атомов и вплоть до графена толщиной в один атом (рис. 4).

От нагретой вольфрамовой проволоки все образцы освещались один раз в течение 10 с. Кончики графитовых электродов за 1 с испарялись на доли миллиметров и ток нагрева прерывался, образец пиролитического графита освещался один раз в течение этой 1 с. А образец золота, ввиду его лучшей теплопроводности и, соответственно, необходимости большей энергии для прогрева поверхности светом, освещался три раза по 1 с, каждый раз с поджимом друг к другу кончиков графитовых электродов после их испарения.

Точного измерения интенсивности и спектра света не производилось, это будет сделано впоследствии, после данного срочного сообщения о результатах первичных экспериментов. Визуально свет от графитовых электродов соответствовал по интенсивности солнечному спектру, а свет от вольфрамовой проволоки был в несколько раз слабее и сдвинут в инфракрасную область спектра.

Эксперименты в вакуумной установке проводились при давлении 10^{-3} мбар, чтобы эксперимент соответствовал наиболее худшим по содержанию атмосферных газов условиям нахождения космического микроскопа в открытом космосе на уровне линии Кармана – условно

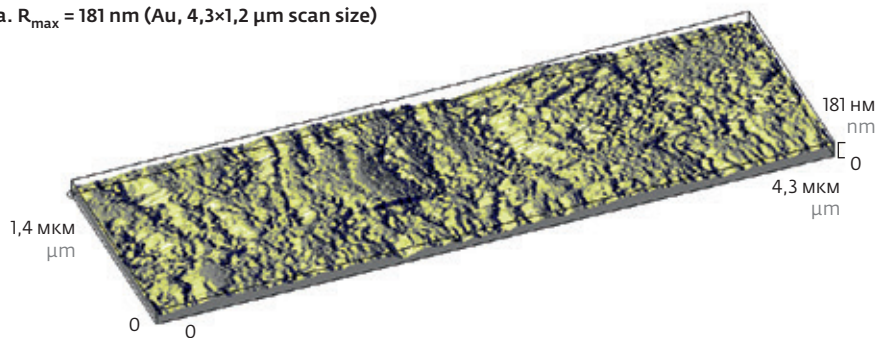
All samples were illuminated once for 10 seconds by the heated tungsten wire. The tips of the graphite electrodes evaporated by fractions of a millimeter within 1 second and the heating current was interrupted; the pyrolytic graphite sample was illuminated once during this 1 second. The gold sample, due to its better thermal conductivity and, consequently, the need for more energy to heat the surface with light, was illuminated three times for 1 second each, each time pressing the tips of the graphite electrodes together again after their evaporation.

No precise measurement of the light's intensity and spectrum was carried out; this will be done later, following this urgent report on the results of preliminary experiments. Visually, the light from the graphite electrodes matched the solar spectrum in intensity, while the light from the tungsten wire was several times weaker and shifted toward the infrared region of the spectrum.

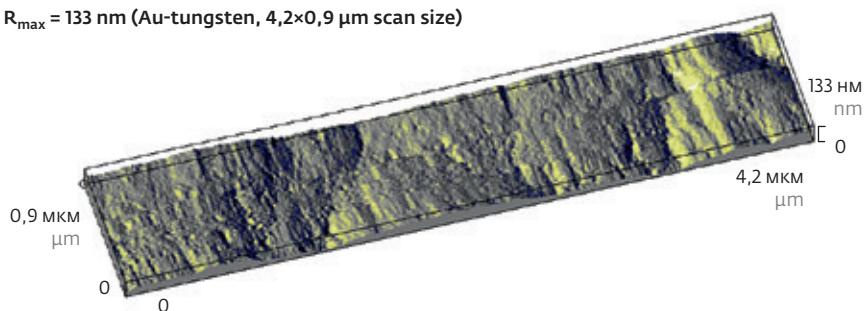
Experiments in the vacuum chamber were conducted at a pressure of 10^{-3} mbar in order to simulate the worst-case conditions of atmospheric gas content for a space microscope in outer space at the Kármán line – the conventionally accepted boundary at 100 km above sea level. The satellite with the space microscope gradually lowers its orbit, approaching the Earth, and if it descends below the Kármán line, it will heat up due to interaction with the dense layers of the atmosphere and burn up, tentatively in the summer of 2026.



a. $R_{max} = 181 \text{ nm}$ (Au, $4,3 \times 1,2 \text{ }\mu\text{m}$ scan size)



b. $R_{max} = 133 \text{ nm}$ (Au-tungsten, $4,2 \times 0,9 \text{ }\mu\text{m}$ scan size)



c. $R_{max} = 113 \text{ nm}$ (Au-graphite, $4,3 \times 1,2 \text{ }\mu\text{m}$ scan size)

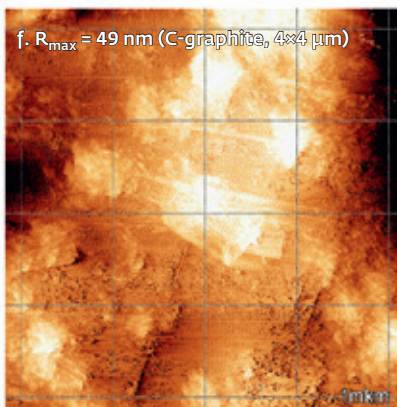
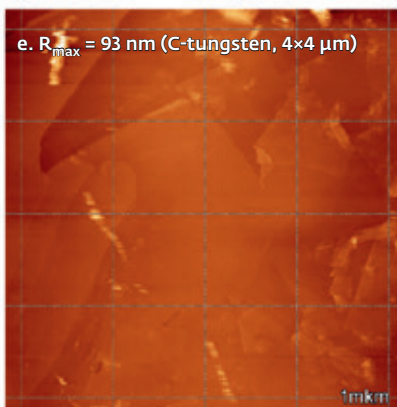
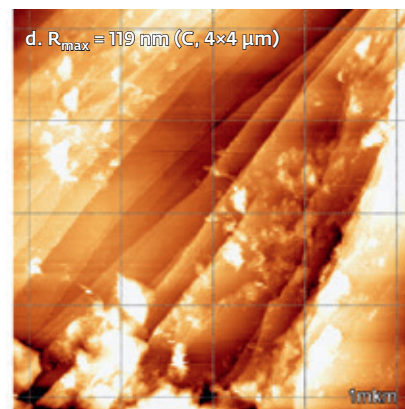
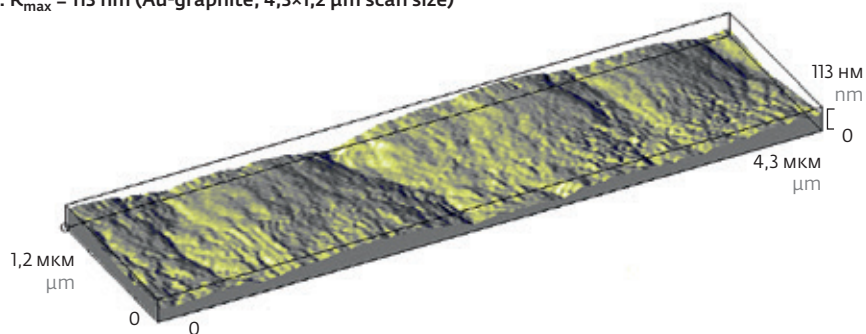


Рис.4. Характерные кадры поверхности золота: а – до воздействия света; б – после воздействия света от вольфрамовой проволоки; с – после воздействия света от графитовых электродов; и поверхность пиролитического графита: д – до воздействия света; е – после воздействия света от вольфрамовой проволоки; ф – после воздействия света от графитовых электродов. R_{max} – полный разброс высот в кадре

Fig.4. Characteristic frames of the gold surface: а – before light exposure; б – after exposure to light from a tungsten wire; с – after exposure to light from graphite electrodes; and surface of pyrolytic graphite: д – before light exposure; е – after exposure to light from a tungsten wire; ф – after exposure to light from graphite electrodes. R_{max} – total height variation in the image

принятой границы в 100 км над уровнем моря. Спутник с космическим микроскопом постепенно снижает орбиту, приближаясь к Земле, и при снижении ниже линии Кармана нагреется от взаимодействия с плотными слоями атмосферы и сгорит, ориентировочно летом 2026 года.

For studies of the sample surfaces before and after exposure, a serially produced ‘SMM-2000 Scanning Probe Microscope’ (manufacturer: PROTON Plant, Zelenograd, Russia, www.microscopy.su, number 46918 in the State Register of Measuring Instruments of the Russian Federation) was



Для исследований поверхности образцов до и после засветки использовался серийно выпускаемый "Микроскоп сканирующий зондовый СММ-2000" (изготовитель – АО "Завод "ПРОТОН", Зеленоград, Россия, www.microscopy.su, номер 46918 в Государственном реестре средств измерений Российской Федерации), модификация которого и стала первым в мире космическим зондовым микроскопом. Получение топографии поверхности в нем выполнялось заостренной платиновой иглой в режиме сканирующей туннельной микроскопии, ввиду наличия электрической проводимости поверхности как у золота, так и у пиролитического графита.

ВЫВОДЫ

Результаты исследования (рис.4) подтвердили следующую гипотезу: после воздействия света на поверхности становится меньше мелких неоднородностей (бугорков, ступенек) и разброс высот рельефа поверхности R_{max} уменьшается, поверхность заглаживается. Для пиролитического графита зрительно выявился еще один эффект – от более сильного света от графитовых электродов верхний слой как будто бы распадается. Это можно объяснить тем, что слои графита не имеют ковалентных связей между собой, и нижний слой не укрепляет лежащий на нем верхний слой. Разрушение пирографита и графена по этой же причине легко производится и воздействием направленным потоком ионов солнечного ветра [4].

Таким образом подтверждается гипотеза, что в космосе поверхности космических кораблей могут разглаживаться солнечным светом, в том числе после разрушения поверхностей ионами солнечного ветра. Гипотеза будет далее экспериментально проверяться на различных металлах и других материалах в аналогичных экспериментах на Земле, а также непосредственно в космосе на последующих запускаемых в космос [5] космических зондовых микроскопах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при партнерстве Национального исследовательского университета МИЭТ и АО "Завод "ПРОТОН" (Зеленоград), Орловского государственного университета имени И.С.Тургенева (г. Орел), Образовательного центра "Сириус" (г. Сочи), школ Москвы и Республики Казахстан, а также Фонда содействия инновациям (Москва), по программе "Дежурный по планете" при финансовой поддержке по запуску первого в мире космического зондового микроскопа.

used, a modification of which became the world's first space probe microscope. Surface topography was obtained using a sharpened platinum tip in the scanning tunneling microscopy mode, due to the electrical conductivity of the surfaces, both gold and pyrolytic graphite.

CONCLUSIONS

The results of the study (Fig.4) confirmed the following hypothesis: after exposure to light, there are fewer small irregularities (bumps, steps) on the surface, and the scatter of surface relief heights, R_{max} , decreases, resulting in a smoother surface. For pyrolytic graphite, another effect was visually observed – under stronger light from the graphite electrodes, the top layer seemed to disintegrate. This can be explained by the fact that the layers of graphite do not have covalent bonds between them, and the lower layer does not reinforce the upper layer lying on it. For the same reason, the destruction of pyrographite and graphene can easily occur under the impact of a directed stream of solar wind ions [4].

Thus, the hypothesis is confirmed that in space the surfaces of spacecraft can be smoothed by sunlight, including after the surfaces are damaged by ions from the solar wind. The hypothesis will be further tested experimentally on various metals and other materials in similar experiments on Earth, as well as directly in space [5] on future spacecraft-mounted probe microscopes.

ACKNOWLEDGMENTS

The work was carried out in partnership with the National Research University MIET and JSC "Proton Plant" (Zelenograd), Orel State University named after I.S. Turgenev (Orel), the Educational Center "Sirius" (Sochi), schools in Moscow and Republic of Kazakhstan, as well as the Foundation for Assistance to Innovations (Moscow), under the program "Planet Duty" with financial support for the launch of the world's first space probe microscope.

PEER REVIEW INFO

Editorial board thanks the anonymous reviewer(s) for their contribution to the peer review of this work. It is also grateful for their consent to publish papers on the journal's website and SEL eLibrary eLIBRARY.RU.

Declaration of Competing Interest. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.



ИНФОРМАЦИЯ О РЕЦЕНЗИРОВАНИИ

Редакция благодарит анонимного рецензента (рецензентов) за их вклад в рецензирование этой работы, а также за размещение статей на сайте журнала и передачу их в электронном виде в НЭБ eLIBRARY.RU.

Декларация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в данной статье.






ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Логинов Б.А. Комплекс зондовой микроскопии для работы в космическом пространстве и атмосфере. Патент на изобретение 2778278 С1, 17.08.2022, Заявка № 2021128836 от 04.10.2021.
2. Логинов Б.А., Беспалов В.А., Хрипунов Ю.В., Логинов А.Б., Логинов В.Б., Панфилов А.А., Пашков Д.А. Первичный анализ снимков с первого в мире космического зондового микроскопа "СММ-2000С" в спутнике Земли "Нанозонд-1". НАНОИНДУСТРИЯ. 2025. Т. 18. № 2. С. 88-102. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2025.18.2.88.102>
3. Логинов Б.А., Беспалов В.А., Хрипунов Ю.В., Логинов А.Б., Логинов В.Б., Щербина М.А., Акинина В.С., Батурова Д.А., Пичугина А.В., Серенок А.С., Ульява И.И., Шевченко Д.С. Исследование механизмов образования пыли в космическом пространстве. НАНОИНДУСТРИЯ. 2025. Т. 18. № 5. С. 248-252. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2025.18.5.248.252>
4. Левин К.Л., Беспалова Е.А., Ванькаев А.С., Клюкина Е.В., Лопатин А.В., Метальников Н.М., Сапрыкин М.Э., Логинов А.Б., Оразов И.В., Логинов Б.А. Изучение изменения морфологии поверхности многослойных графеновых структур при воздействии плазмой в качестве модели солнечного ветра в открытом космосе. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 9. С. 51-55.
5. Логинов Б.А. Первый в мире сканирующий зондовый микроскоп в виде спутника как старт этапа научных спутников-лабораторий. НАНОИНДУСТРИЯ. 2021. № 5. С. 22-26. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2021.14.5.270.274>



ТЕЛЕГРАМ-КАНАЛ НАУЧНОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



-  Онлайн репортажи с крупнейших выставок отрасли
-  Анонсы мероприятий с участием технических экспертов
-  Скидки на журналы издательства до 25%
-  Конкурсы и розыгрыши от ведущих компаний
-  Книжные новинки и презентации новых выпусков журнала



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ и оставайтесь в курсе событий



МИКРОСКОП СКАНИРУЮЩИЙ

ЗОНДОВЫЙ «СММ-2000»

Единственный в мире зондовый микроскоп, летающий в космосе в виде спутника Земли, работающий в перчаточных и горячих камерах атомных реакторов и внутри термоядерного реактора ТОКАМАК.



ВСТРОЕННАЯ ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ И ВЫСОЧАЙШЕЕ РАЗРЕШЕНИЕ

В базовой комплектации показывает атомы пиролитического графита в режиме сканирующей туннельной микроскопии.

Для качественного осмотра малых и больших объектов микроскоп имеет сканеры с разными размерами полей по X/Y/Z.

Микроскоп предоставляет уникальную возможность сборки его и разборки – для встраивания в различные системы и для лучшего обучения, выдерживая сборки-разборки до 12 лет в учебных классах

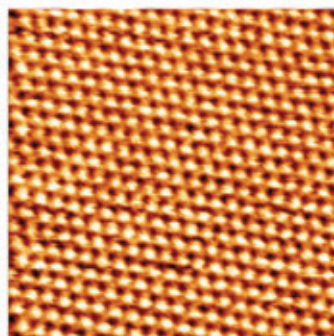
Микроскоп СММ-2000 работает со стандартными зондами-кантилеверами, имеет 3 основных режима сканирующей туннельной, полуконтактной и контактной атомно-силовой микроскопии, а также более 25 дополнительных режимов по снятию карт различных физических характеристик.



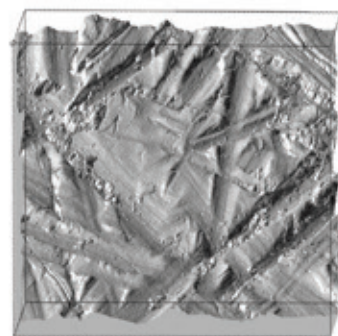
- Увеличение от 2 тыс. до 10 млн. крат
- Разрешение вплоть до АТОМОВ
- Трехмерный вид поверхности
- Измерение размеров от 0,2 нм до 40 мкм
- Распределение размеров зерен
- Анализ шероховатости до 0,2 нм
- Техподдержка 24/7 на «микроскоп.su»
- Серийный выпуск в России
- Для точных производств, науки и университетов
- Надежен даже для обучения в школах!

Микроскоп позволяет: отсканировать поверхность в выбранной точке образца, снять образец с микроскопа, воздействовать на образец тем или иным способом, например, напылить,

протравить или облучить, обратно установить образец в микроскоп и просканировать ту же с нанометровой точностью ранее выбранную точку на образце.



АТОМЫ ПИРОГРАФИТА
кадр 8,8×8,8 нм



ШЛИФ СТАЛИ, кадр 10×10 мкм,
шероховатость Ra = 0,007 мкм

