

---

## **НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ПЕРВОГО В МИРЕ СКАНИРУЮЩЕГО ЗОНДОВОГО МИКРОСКОПА - СПУТНИКА ЗЕМЛИ В ВАКУУМЕ НА ВЫСОТАХ ОКОЛО 500 КМ.**

Б.А. Логинов, Ю.В. Хрипунов, М.А. Щербина, А.А. Смирнов, Н.С. Нехаенко, П.А. Гранаткин, Н.У.Н. Hedeya, Н. Калназарова, Е.О. Петряев, С.К. Tanasa, Х. Ахророва, А.К. Маккой, Д.Р. Айнулова, М.Н. Плужник, А.А. Мизгаило, В.А Бобарыкина., М.В. Мамикоян, А.Р. Измайлова

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

СКАНИРУЮЩИЙ ТУННЕЛЬНЫЙ МИКРОСКОП, СТМ, АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОП, АСМ, СКАНИРУЮЩИЙ ЗОНДОВЫЙ МИКРОСКОП, СЗМ, СПУТНИК, ПЕРВЫЙ В МИРЕ СКАНИРУЮЩИЙ ЗОНДОВЫЙ МИКРОСКОП — СПУТНИК

## **SOME RESULTS FROM THE WORLD'S FIRST SATELLITE PROBE MICROSCOPE AT ALTITUDES OF ABOUT 500 KM**

B.A. Loginov, Y.V. Khripunov, M.A. Shcherbina, A.A. Smirnov, N.S. Nekhaenko, P.A. Granatkin, N.U.N. Hedeya, N. Kalnazarova, E.O. Petryaev, S.K. Tanasa, H. Akhrorova, A.K. McCoy, D.R. Ainulova, M.N. Pluzhnik, A.A. Mizgailo, V.A. Bobarykina, M.V. Mamikoyan, A.R. Izmailova

### **KEYWORDS**

SCANNING TUNNELING MICROSCOPE, STM, ATOMIC FORCE MICROSCOPE, AFM, SCANNING PROBE MICROSCOPE, SPM, SATELLITE, THE WORLD'S FIRST SATELLITE SCANNING PROBE MICROSCOPE

Присутствие вокруг Земли так называемого «протонного пояса» в вакууме на высоте выше 500 км над уровнем моря в настоящее время начало давать возможность проводить новые эксперименты по радиационному материаловедению в вакууме космоса ввиду открытия и успешного апробирования нового метода, явившегося развитием традиционных экспериментов в вакуумных ядерных и термоядерных установках [1]. Сам «протонный пояс» известно, что содержит протоны со скоростями до 200 км/с, а вот доставка до него исследуемых образцов вместе с аналитическим оборудованием стала новостью - не только из-за появления принципиальной возможности, но и из-за относительно доступной стоимости на уровне 10 миллионов рублей (2023г). Современный вакуумный сканирующий зондовый микроскоп «СММ-2000» с разрешением до 1 нм, был реализован в виде спутника Земли «Нанозонд-1» размером всего 300x100x100 мм (рис.1), и 27 июня 2023 года успешно запущен в космос на высоту 560 км в начало «протонного пояса». Правообладателем международного патента [2] на этот тип космических аппаратов является российское предприятие «Завод ПРОТОН», г. Зеленоград, изготовитель этих аппаратов.

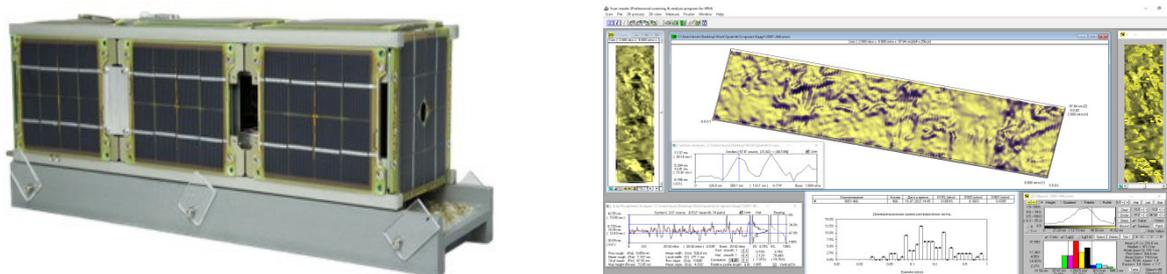


Рис.1. Первый в мире зондовый микроскоп-спутник Земли (слева) и полученный в нём кадр размером 8 мкм x 2 мкм поверхности золотого зеркала после его экспонирования в вакууме открытого космоса на высоте 560 км над уровнем моря в «протонном поясе» Земли.

Этот космический аппарат рассчитан более чем на два года полетов, при этом в день он может делать более сотни высокоразрешающих кадров поверхности образца, передавая эти кадры на Землю по радиоволнам, доступным для принятия обычными антеннами. В реализуемом в настоящее время эксперименте предстоит принять и анализировать ещё много данных, но даже на первом кадре отчётливо видно серьёзное изменение поверхности образца: на гладкой поверхности золотого зеркала с шероховатостью Ra не более 1 нм появились множественные рытвины глубиной до 30 нм. Запуск аналогичных космических аппаратов с образцами начал приобретать регулярный характер [3], с возможным расширением количества и типов аналитических приборов на борту.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Суворов А.Л., Логинов Б.А., Макеев О.Н., «Способ и устройство контроля и исследования поверхности внутри ядерных и термоядерных установок», Патент на изобретение № RU 2169954 C1, 27.07.2000г
2. Логинов Б.А., «Комплекс зондовой микроскопии для работы в космическом пространстве и атмосфере», Патент на изобретение № RU 2778278 C1, 17.08.2022г
3. Логинов Б.А., «Первый в мире сканирующий зондовый микроскоп в виде спутника – как старт этапа научных спутников-лабораторий», Наноиндустрия, 2021, №5, с.22-26

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Логинов Б.А. 1Национальный исследовательский университет МИЭТ, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, Россия, 2Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия 4АО «Завод Протон», 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, стр. 6, Россия

Хрипунов Ю.В. 2Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия 3 Орловский Государственный Университет имени И.С. Тургенева, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95, Россия

Щербина М.А. 2Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия 3 Орловский Государственный Университет имени И.С. Тургенева, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95, Россия

Смирнов А.А. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Нехаенко Н.С. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Гранаткин П.А. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Недея Н.У.Н. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Калназарова Н.. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Петряев Е.О. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Танаса С.К. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Ахророва Х.. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Маккой А.К. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Айнулова Д.Р. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Плужник М.Н. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Мизгайло А.А. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Бобарыкина В.А. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Мамикоян М.В. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Измайлова А.Р. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия