

К 15-ЛЕТИЮ ЗАПУСКА ПЕРВОГО ЛИДАРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК НА ПОВЕРХНОСТЬ МАРСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ

Першин С.М.

Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Москва, Россия

e-mail: pershin@kapella.gpi.ru

03.01.1999г. к Марсу стартовала миссия НАСА с первым лидаром для мониторинга атмосферы. Лидар был разработан и создан сотрудниками РАН и впервые за 40 лет изучения космоса (после первого спутника), пройдя жёсткий конкурсный отбор, был включен в миссию НАСА как единственный прибор от России. Авария при посадке не позволила получить данные с Марса, но уникальные параметры лидара: безопасный для глаз уровень излучения, малый вес (942г.) и потребление энергии (0.2 Вт) востребованы для мониторинга окружающей среды на Земле.

Ключевые слова: компактный лидар, атмосфера Марса, безопасный для глаз уровень излучения для мониторинга среды обитания.

03.01.1999 mission to Mars, NASA launched the first lidar for atmosphere monitoring. The lidar was designed and developed by the staff of the RAS and first in 40 years of space exploration (after the first satellite) having a hard competitive selection was included in the NASA mission as the only instrument from Russia. Crash landing does not allow to obtain data from Mars, but the unique characteristics of the lidar: eye-safe level of radiation, light weight (942g) and little power consumption (0.2 W) are in demand for environmental monitoring on the Earth.

Keywords: compact lidar, the atmosphere of Mars, eye-safe level of radiation for habitat monitoring.

Пятнадцать лет назад, 3 января 1999г. с мыса Канаверал, штат Флорида, США, к Марсу стартовала ракета-носитель с космическим аппаратом и посадочным модулем на борту для выполнения научной программы в рамках миссии Национальной администрации и космического агентства (NASA) “Mars Polar Lander-99” [1]. В задачу миссии входили поиск следов жизни в виде органических компонент и соединений, изучение атмосферы и поверхности Марса с помощью набора уникальных по своим характеристикам научных приборов с орбитального космического аппарата, а также с посадочного модуля, который планировали впервые десантировать в район Южного полюса Марса на широте 78°. Выбор района и времени старта был обусловлен, помимо сугубо научного интереса, возможностью непрерывной наработки электроэнергии солнечными батареями посадочного модуля в течение полярного дня.

Впервые за 40 лет, после запуска первого спутника СССР 4 октября 1957г., совместного изучения космоса в состав научного комплекса приборов посадочного модуля “Mars Polar Lander-99” был включен лидар для зонди-

рования атмосферы, разработанный сотрудниками (С.Першин, А.Бухарин, В.Макаров, Д.Пацаев) Института космических исследований Российской академии наук [2]. Среди лидаров всех стран, заявленных на участие в миссии, после жесткого конкурсного отбора экспертами NASA был выбран лидар РАН. Об этом решении NASA уведомили письмом директора по науке от 22 апреля 1996г. (см. копию письма на рис. 1) автора этой статьи, директора ИКИ РАН академика А.А.Галеева и заведующего отдела планет В.И.Мороза, как и разработчиков других приборов, включенных в миссию.

Известно, что принцип работы лидара подобен принципу работы радара, где вместо радиоимпульсов излучаются импульсы лазера, фотоны которых, рассеянные на аэрозолях (пыль, туман, облака), регистрируются оптическим приемником. Время прохождения фотонов до препятствия и обратно измеряется и дает информацию о высоте облаков и их стратификации, например. В нашем лидаре мы использовали диодный лазер, как наиболее эффективный и миниатюрный, а также высокочувствительный однофотонный приемник,

National Aeronautics and
Space Administration
Headquarters
Washington, DC 20546-0001



APR 22 1996

SD

TO: Jet Propulsion Laboratory
Attn: 230-228/Manager, Mars Surveyor 1998 Project

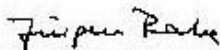
FROM: S/Science Program Director, Office of Space Science
Solar System Exploration

SUBJECT: 1998 Mars Surveyor Payload Confirmation Review

I am pleased to confirm the 1998 Mars Surveyor Science Payload as previously selected for both the orbiter and lander. The orbiter payload includes the Pressure Modulator Infrared Radiometer (PMIRR) and the Mars Surveyor '98 Orbiter Color Imager (MARCI). The confirmed lander payload is composed of the Mars Surveyor '98 Descent Imager (MARDI), the complete Mars Volatile and Climate Surveyor (MVACS) package (surface stereo imager, robotic arm with camera, meteorology package, and the thermal and evolved gas analyzer), and the Russian provided atmospheric Lidar. We concur with your assessment of the adequacy of the implementation plans, schedule, and budget, and your recognition of the technical and schedule risks associated with the implementation.

Now that the payload is confirmed there should be no changes to the science payload complement without prior Headquarters approval.

The Mars Surveyor 1998 Project and its contractor, Lockheed Martin Aerospace, are to be congratulated on the highly professional and technically comprehensive manner in which the Payload Accommodation Study was conducted over the past 5 months. I am confident that the selected payload will provide a wealth of scientific information that will be a major impetus for more comprehensive future Mars exploration missions.


Jurgen H. Rahe

cc:
JPL/264-400/Mr. N. Haynes UCLA/Dr. D. Faige IKI/Dr. S. Pershin
JPL/169-237/Dr. R. Zurek UAZ/Dr. W. Boynton IKI/Dr. A. Galeev
JPL/183-335/Dr. D. McCleese UAZ/Dr. P. Smith IKI/Dr. V. Moroz
Malin Space Science Systems, Inc./Dr. M. Malin

Рис. 1. Письмо директора NASA по науке руководителям работ по приборам (Principal Investigator), которые прошли конкурс и были включены в состав научного комплекса посадочного модуля

разработанный чешскими специалистами в Пражском техническом университете. Поскольку аналогов подобных лидаров не было, нам приходилось находить нестандартные решения. Некоторые из них оказались принципиально новыми и позволили нам выиграть международный конкурс и экспертизу NASA на стадии отбора. Так, например, отсутствие аналоговых цепей, т.е. только цифровые цепи повысили помехоустойчивость и стабильность работы лидара в широком температур-

ном интервале с низким потреблением энергии и напряжением (40 В) питания.

2-6 июня 1996г. состоялось научно-техническое совещание в центре космического приборостроения NASA США (Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California), куда меня пригласили для обсуждения параметров лидара и протокола обмена данных с бортовым компьютером посадочного модуля. Требования были предельно жесткими: масса – не более 1 кг (у нас получилось 942 грамма);

потребляемая мощность – не более 200 миллиВатт (это заставило нас предложить циклический режим зондирования); диапазон температур – от -100 до $+20^{\circ}\text{C}$ без внешнего корпуса-термостата.

Наши новые идеи, накопленный опыт и новые технологии позволили нам удовлетворить всем требованиям NASA к бортовому лидару. За удивительно короткий срок, менее 3-х лет, усилиями небольшого коллектива (наша команда была расширена специалистами с опытом работы в космических проектах – С.Линкин, А.Липатов, В.Нехаенко, А.Ляш, Л.Хлюстова, А.Тюрин, И.Роднова, Г.Захаркин) нам удалось создать первый, не имеющий аналогов, лидар для зондирования атмосферы Марса. Следует отметить, что конструкторские, оптические и механические работы по изготовлению лидара проводились на московском заводе киноаппаратуры в отделе О.Г.Гудкова при конструкторском сопровождении Ю.М.Британ при финансовой поддержке Российского космического агентства.

Мы провели все испытания: тряску, вибрации, удары и термические режимы, предъявляемые к космическим приборам и

отправили наш лидар в США (рис. 2). Он был установлен на палубе посадочного модуля (как это видно на схеме рис. 3 и рис. 4) и повторно прошёл все испытания в составе всего комплекса без замечаний. Перед установкой под обтекатель ракеты-носителя защитная крышка (красного цвета на фото рис. 4) была снята оператором и лидар стартовал в сторону Марса 3 января 1999г. Успешный перелет по траектории к Марсу завершился 3 декабря 1999г. выходом на орбиту вокруг Марса. Затем орбита была перестроена для десантирования посадочного модуля в расчетный район в окрестности Южного полюса. С этой орбиты посадочный модуль отделился от орбитального аппарата и вошел в атмосферу Марса с пассивным торможением.

После раскрытия парашюта связь с аппаратом не возобновилась, по-видимому, из-за неудачной посадки на поверхность. Неожиданная авария не позволила нам провести запланированный мониторинг атмосферы Марса. Только через 9 лет, в мае 2008г., второй лидар, который разрабатывали специалисты канадского космического агентства, был доставлен на поверхность Марса с миссией NASA “Phoenix”, где проводил измерения вы-

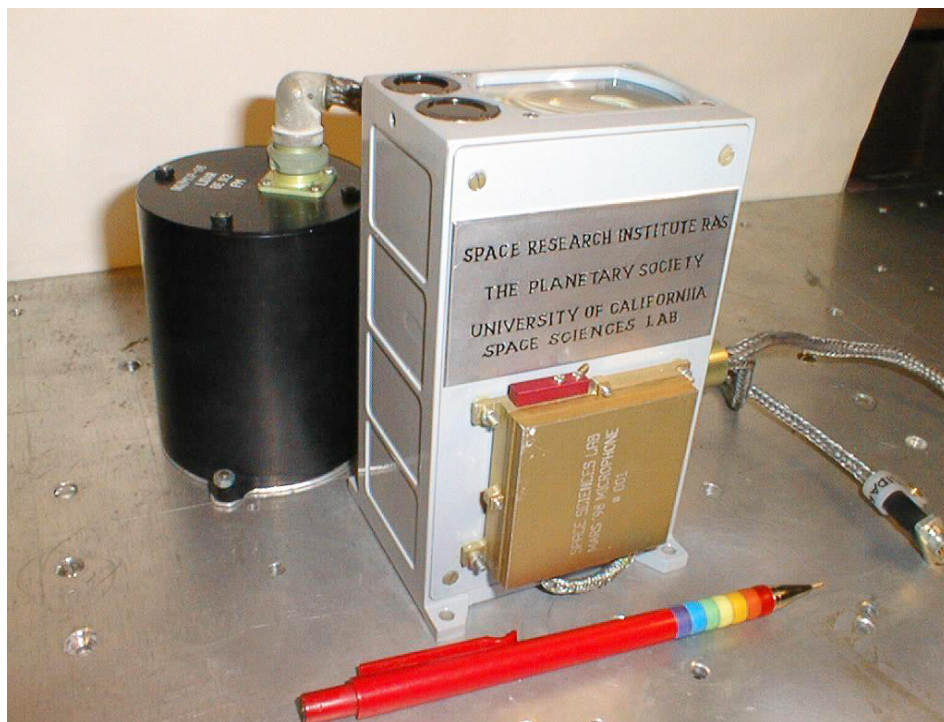


Рис. 2. Общий вид лидара перед отправкой из ИКИ РАН в НАСА с микрофоном в коробке на передней стенке, который разрабатывало «Планетное общество США» совместно с университетом Калифорнии. Ручка на переднем плане для сравнения и оценки реальных размеров лидара

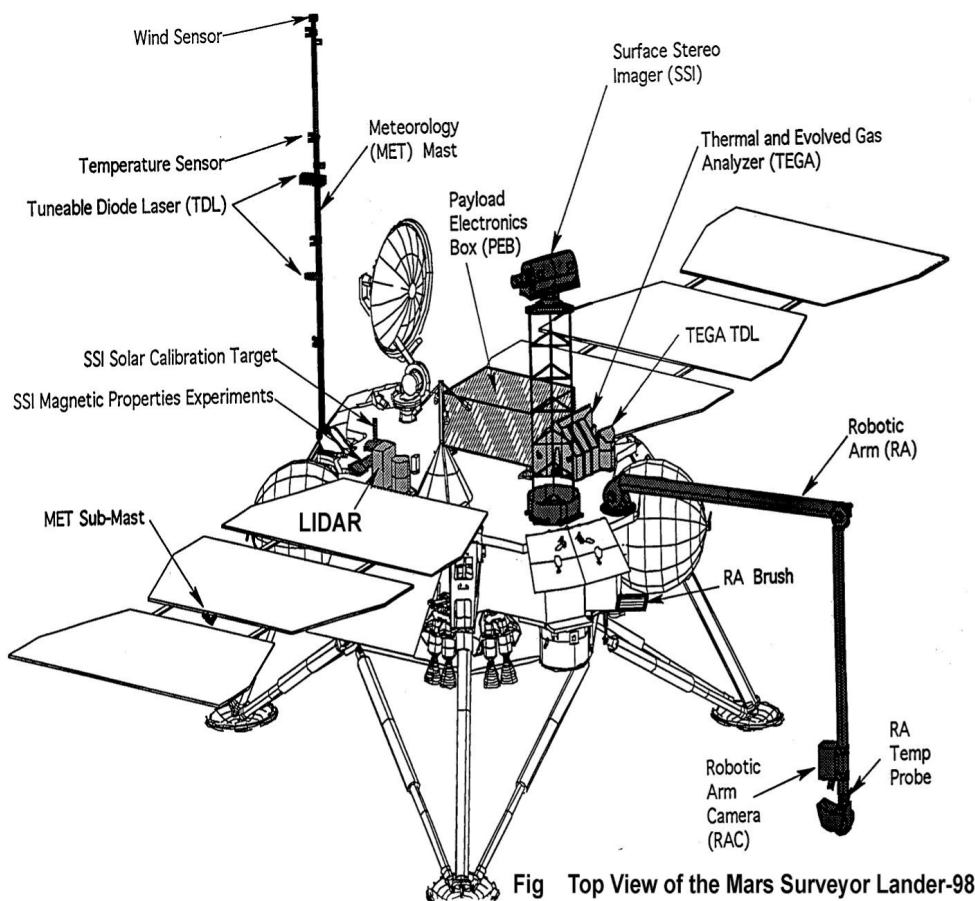


Fig Top View of the Mars Surveyor Lander-98

Рис. 3. Схема размещения приборов на палубе посадочного модуля с раскрытыми солнечными батареями. Лидар на переднем плане

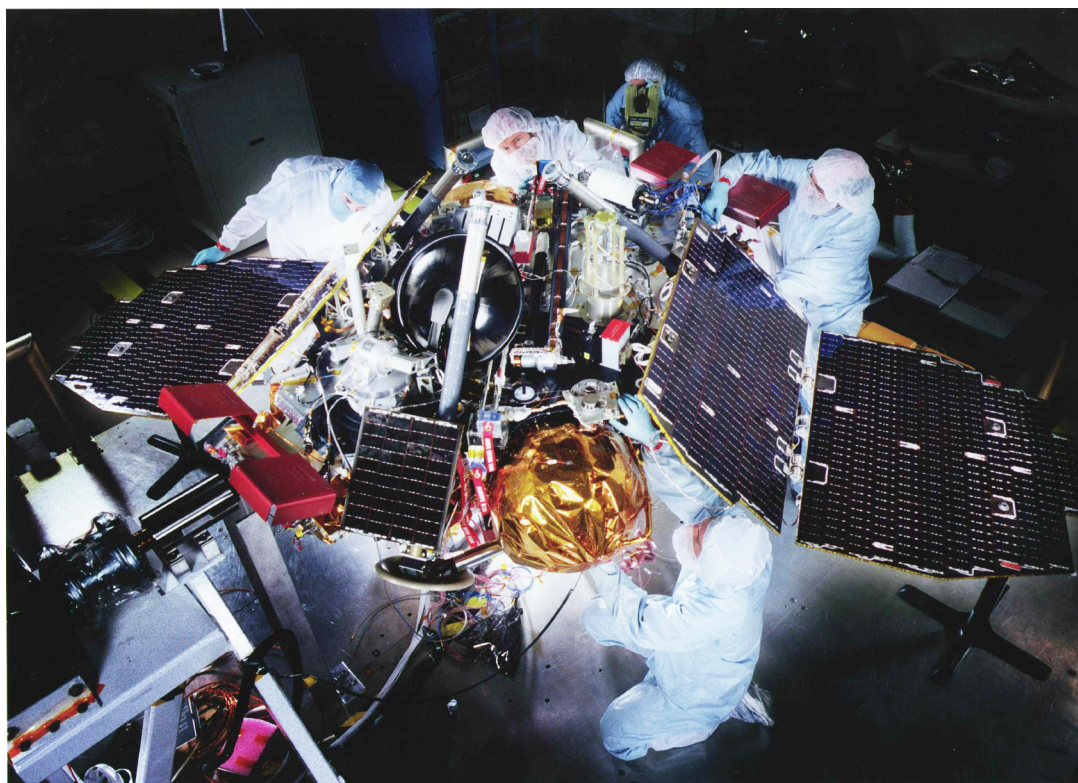


Рис. 4. Лидар на палубе спускаемого модуля. Последние проверки перед установкой под обтекатель ракеты-носителя

соты облаков и динамики атмосферного аэрозоля, подобно запланированному в нашей научной программе.

Несмотря на произошедшую на Марсе аварию, мы активно занимались лидарным мониторингом атмосферы Земли и аэрозольных шлейфов [4], а также поверхности акваторий [5]. Одним из перспективных применений подобного лидара, способного работать

автономно с незначительным потреблением (до 200 миллиВатт, см. [1,2,6]) и безопасным для глаз уровнем излучения (менее 0.1 микроДж/см²) в импульсе длительностью 10 нс на длине волны 905 нм, является его использование для непрерывного мониторинга тектонического аэрозоля, изменение динамики которого может служить сигналом-предвестником землетрясений ([3] и ссылки в ней).

Список литературы

1. <http://mars.jpl.nasa.gov/masp98/lidar>.
2. A.V.Bukharin, V.M.Linkin, A.N.Lipatov, A.N.Lyash, V.S.Makarov, S.M.Pershin, A.V.Tiurin, Russian Compact Lidar for NASA "Mars Surveyor Program-99", Proc. 19th ILRC, (1998), P. 241; <http://ntrs.nasa.gov/>.
3. С.М. Першин, В.А. Алексеев, Н.Г. Алексеева, А.Д. Жигалин, В.С.Макаров, Аэрозольный предвестник изменения сейсмической активности во время полного солнечного затмения 29.03.06: лидарный мониторинг // Мониторинг. Наука и технологии, №3, (2010), С. 6-16.
4. Pershin S.M., Lyash A.N., Makarov V.S., Atmosphere remote sensing by microjoule pulses of diode-laser lidar // Phys. of Vibr., 9(4), (2001), 256 p.
5. Pershin S.M., Oil spills detection by portable micropulse eye-safe backscattering lidar // Phys. of Vibr., 9(3), (2001), P. 192-196.
6. Serguei M. Pershin, Astrophysica, detector a laser, escolhido em concurso internacional esturdara a atmosfera marsiana: Aparelho russo integra sonda da NASA // Sciencia Hoje, #12, (1999), Brazil, Rio de Janeiro, P. 71-74.