

УДК 523.43

АСТРОНОМИЯ

Д. С. ЛЕБЕДЕВ, Л. П. ЯРОСЛАВСКИЙ, М. К. НАРАЕВА,
А. С. СЕЛИВАНОВ, И. С. ФАЙНБЕРГ

**СИНТЕЗ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МАРСА
ПО ФОТОМАТЕРИАЛАМ, ПОЛУЧЕННЫМ
С КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «МАРС-5»**

(Представлено академиком А. П. Виноградовым 1 VII 1975)

Космический аппарат (КА) «Марс-5» был выведен на ареоцентрическую орбиту 12 II 1974 г. Для фотографических исследований отдельных районов планеты на нем были установлены фототелевизионные устройства, имеющие различные фокусные расстояния ⁽¹⁾. Съемка устройством с короткофокусным объективом ($f=52$ мм; $2\beta=32^\circ$) осуществлялась через синий, зеленый, красный и оранжевый фильтры на аэрофотопленку Тип 28; на рис. 1 приведены спектральные характеристики использованных фильтров. В одном из режимов экспонирование пленки производилось через автоматически чередующиеся фильтры основных цветов. При съемке в районе перицентра орбиты КА с расстояний до поверхности порядка 1700 км, захвате на местности около 700×700 км² и при интервале между

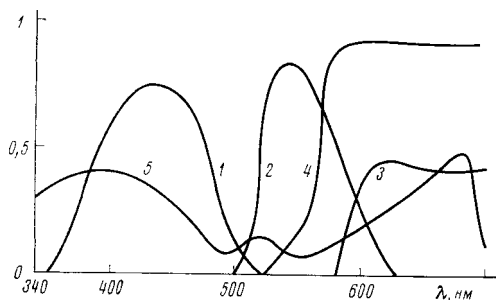


Рис. 1. Спектральные характеристики светофильтров (1–4) и пленки Тип 28 (5): 1 – синий, 2 – зеленый, 3 – оранжевый, 4 – красный

последовательными кадрами $\tau = 35$ сек. перекрытие соседних кадров достигало 80%, а трех последовательных — более 60%. Такой выбор параметров создал благоприятную возможность по трем цветоделенным кадрам синтезировать цветные изображения.

Цветные изображения Марса были получены и ранее, например, при съемках его аппаратами «Маринер 9» ⁽²⁾.

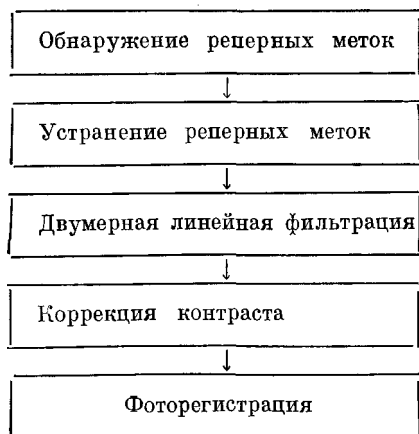
Здесь приводятся результаты синтеза цветных изображений по снимкам, прошедшим

обработку на ЭВМ. Необходимость такой обработки была вызвана прежде всего весьма низким контрастом элементов поверхности Марса и связанным с этим наличием ряда дефектов, проявляющихся на изображении.

Процедура синтеза цветного снимка состояла из двух этапов: изготовления скорректированных цветоделенных негативов и синтеза цветного снимка по цветоделенным негативам.

Цветоделенные негативы были получены в результате цифровой обработки исходных магнитных видеозаписей сигнала, принятого с КА «Марс-5». Цифровой комплекс, на котором производилась обработка, состоял из центрального процессора — мини-ЭВМ, внешних запоминающих устройств на магнитных дисках, внешних запоминающих устройств на магнитных лентах, полутонного дисплея, цветного монитора к дисплею, фотозаписывающего устройства, алфавитно-цифрового и графического пе-

читающего устройства. Процедура обработки состояла в следующем (см. схему).



Прежде всего на изображении с помощью специальной программы обнаруживали реперные метки в виде крестов, и значения видеосигнала в точках, занятых реперными метками, заменялись величинами, найденными путем интерполяции значений видеосигнала в ближайших не занятых метками точках. Затем производилась двумерная линейная фильтрация видеосигнала, направленная на устранение ложных полос на исходных изображениях, неравномерности фона и нестабильности постоянной составляющей видеосигнала.

Алгоритм фильтрации реализовывал соотношение

$$\hat{u}_{i,j} = u_{i,j} - \frac{1}{(2L+1)(2M+1)} \sum_{-L}^L \sum_{-M}^M u_{i+l,j+m} + u_0,$$

где $u_{i,j}$ — наблюдаемое значение видеосигнала в точке с координатами (i, j) , L, M — параметры, определяющие размер окрестности, по которой производится осреднение, u_0 — константа, задающая среднее значение отфильтрованного видеосигнала $\hat{u}_{i,j}$. В данном случае L и M были выбраны равными 256 элементам при размерах кадра порядка 1000×1000 элементов. Это означает, что в результате фильтрации подавлялась нулевая и существенно ослаблялась первая пространственная гармоники видеосигнала и, таким образом, из изображения исключалась информация о его средней яркости.

После линейной фильтрации производилось усиление контраста видеосигнала. Поскольку интегральная контрастная чувствительность фототелевизионной системы в трех спектральных диапазонах была приблизительно одинакова, коэффициент усиления контраста всех снимков триады был одинаков.

Три цветоделенных негатива, полученных после цифровой обработки, использовали для синтеза цветного снимка средствами полиграфической техники, при этом средний цветовой тон снимка восстанавливался по данным спектрофотометрии с Земли для области Аргир: было принято, что значения коэффициента отражения для длин волн 450, 550 и 650 мкм, осредненные по площади порядка 1000×1000 км, относятся приблизительно как 1:2:4 (*).

Далее были определены координаты цветности среднего цветового тона отснятого участка Марса, найдены субтрактивные координаты цвета, выраженные в величинах относительных площадей растровых элементов

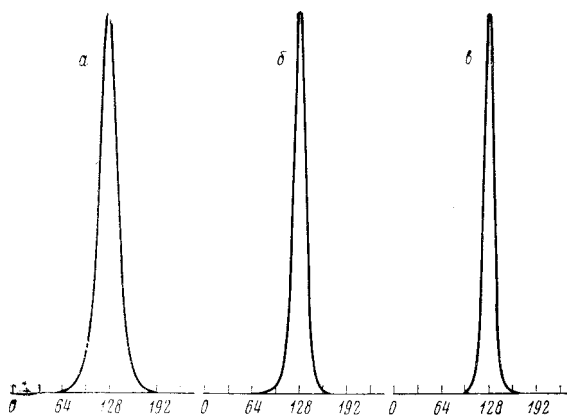


Рис. 3. Гистограмма видеосигнала и видеосигнал разреза: *а* — зеленый фильтр, *б* — красный, *в* — синий

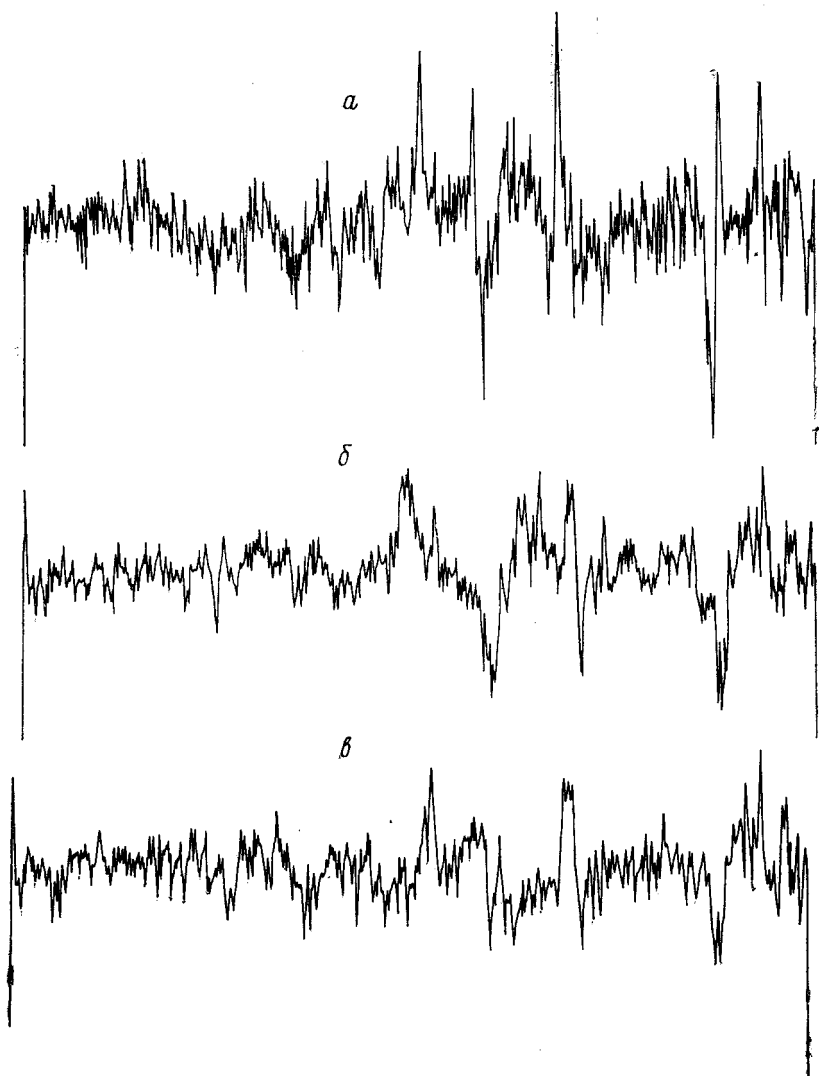


Рис. 4. Видеосигнал разреза рис. 2

изображения и рассчитанные для европейской триады красок. Полученные требования легли в основу фоторепродукционного процесса.

Результат синтеза показан на рис. 2. Следует отметить, что цветовые контрасты на этом снимке утрированы. Геометрическая коррекция снимков проводилась лишь частично, поэтому они хорошо совмещаются не по всему полю. Количественно об относительном размахе видеосигнала для снимков этой триады можно судить по рис. 3, на котором приведены гистограммы распределения значений видеосигнала. О глубине цветовых контрастов на отдельных участках можно судить по рис. 4, на котором приведены графики видеосигнала для сечения снимка рис. 2, обозначенного стрелками.

Обработка снимков на ЭВМ производилась в Институте проблем передачи информации АН СССР. Репродукция выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте комплексных проблем полиграфии.

Авторы выражают благодарность Г. А. Лейкину за ценные обсуждения работы.

Поступило
30 VI 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. С. Селиванов, М. К. Нараева и др., «Марс-4». Космические исследования, ч. 13, в. 1 (1975). ² W. Hartmann, O. Paper, The New Mars. The Discoveries of Mariner 9, NASA SP-337, Washington, Dec. 1974. ³ Ю. В. Александров, Д. Ф. Лунишко, Т. А. Лунишко, Вестн. Харьковского университета, сер. астроном., № 117, в. 9, 3 (1974).

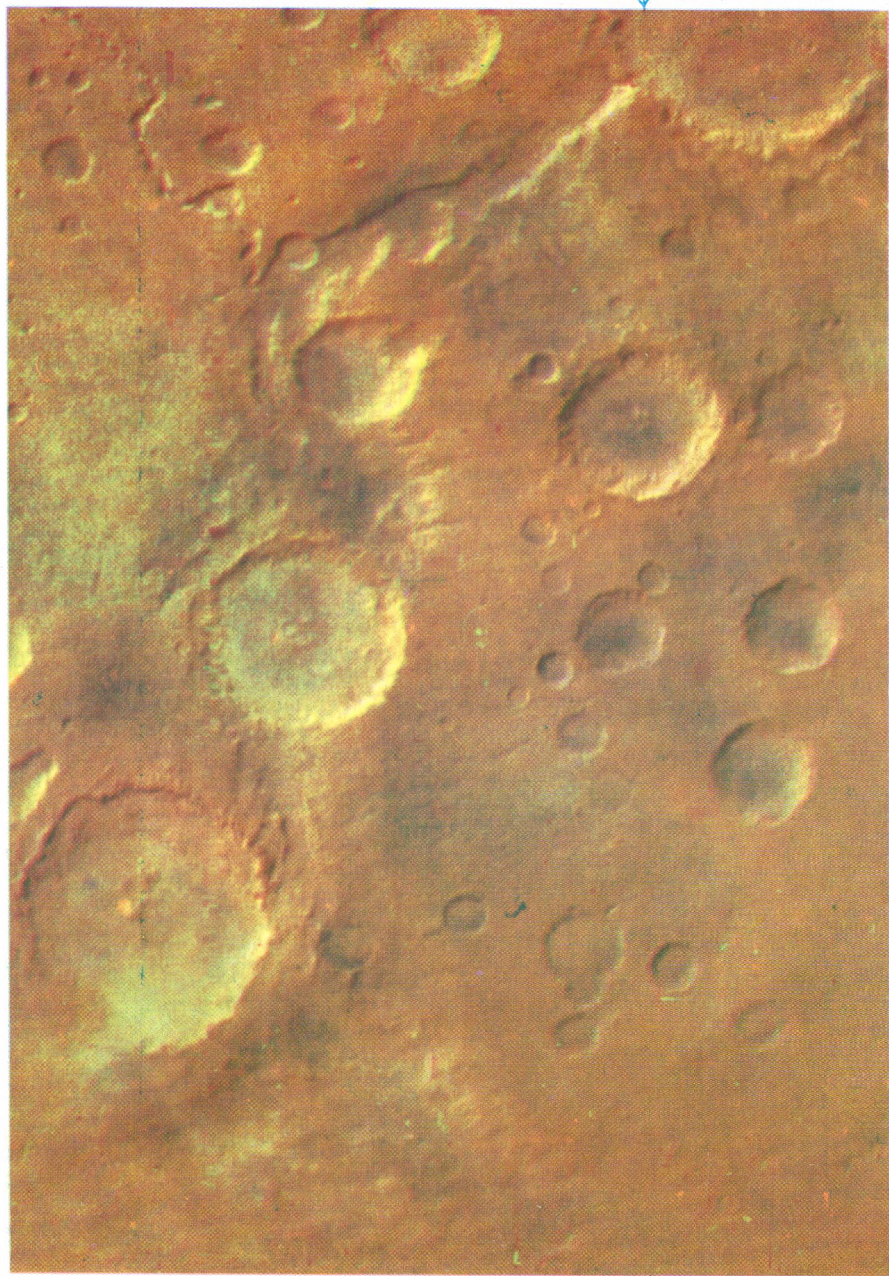


Рис. 2. Восстановленное цветное изображение