

УЧАСТИЕ КАФЕДРЫ ВОЕННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ АКАДЕМИИ СВЯЗИ В КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (Методы обработки первых изображений обратной стороны Луны)

В 1959 и 1965 годах в СССР с помощью космической техники (АМС* Луна-3 и Зонд-3) были получены первые в мире изображения обратной стороны Луны, не видимые с Земли (фото 1, 2). Для этого на обеих станциях использовались фототелевизионные системы, разработанные в Ленинградском институте телевидения (ВНИИТ, ныне – ФГУП «НИИТ») и московском институте приборостроения (НИИП, ныне – ФГУП «РНИИ КП»). Полученные на борту АМС изображения на фотопленках передавались затем по радиоканалам фототелеграфным методом на Землю, где принятые сигналы записывались на аппаратах магнитной записи и различных аппаратах визуализации передаваемых изображений (фототелеграфные аппараты с открытой и закрытой записью).

Обработка полученных изображений с целью составления карты обратной стороны Луны вначале осуществлялась астрономическими обсерваториями (в Москве и Харькове) и Институтом картографии под руководством заведующего отделом физики Луны и планет ГАИШ** доктора физико-математических наук, профессора Ю.Н.Липского. По результатам первого фотографирования Луны в 1960 г. был издан «Атлас обратной стороны Луны» [1], однако условия съемки и качество переданных изображений не позволили астрономам составить полную карту обратной стороны Луны, совмещенную с картой видимой стороны. Поэтому после успешного фотографирования Луны с помощью АМС Зонд-3 в 1965 г. ученые вернулись к задаче картографирования Луны, подключив к этой работе специалистов по телевизионной и фототелеграфной технике.

Дело в том, что при подготовке первых карт обратной стороны Луны по изображениям, полученным в 1959 г., использовались только фототехнические методы, не позволявшие выявить всю полезную информацию из принятых сигналов. К началу 60-х годов на кафедре Военного телевидения (№37) Военной академии связи, возглавляемой доктором технических наук, профессором Е.Л.Орловским, были разработаны основы теории передачи полутонов и методы обработки изображений [2], лежащие в основе методов повышения контрастной чувствительности систем электрической передачи изображений, позволяющих обнаруживать малоконтрастные объекты, что особенно актуально для систем авиа и космического наблюдения. Именно поэтому по инициативе профессора Липского в 1965 г. специальным постановлением Правительства к работе по повышению дешифрируемости космических изображений Луны электронными методами была привлечена Академия связи.

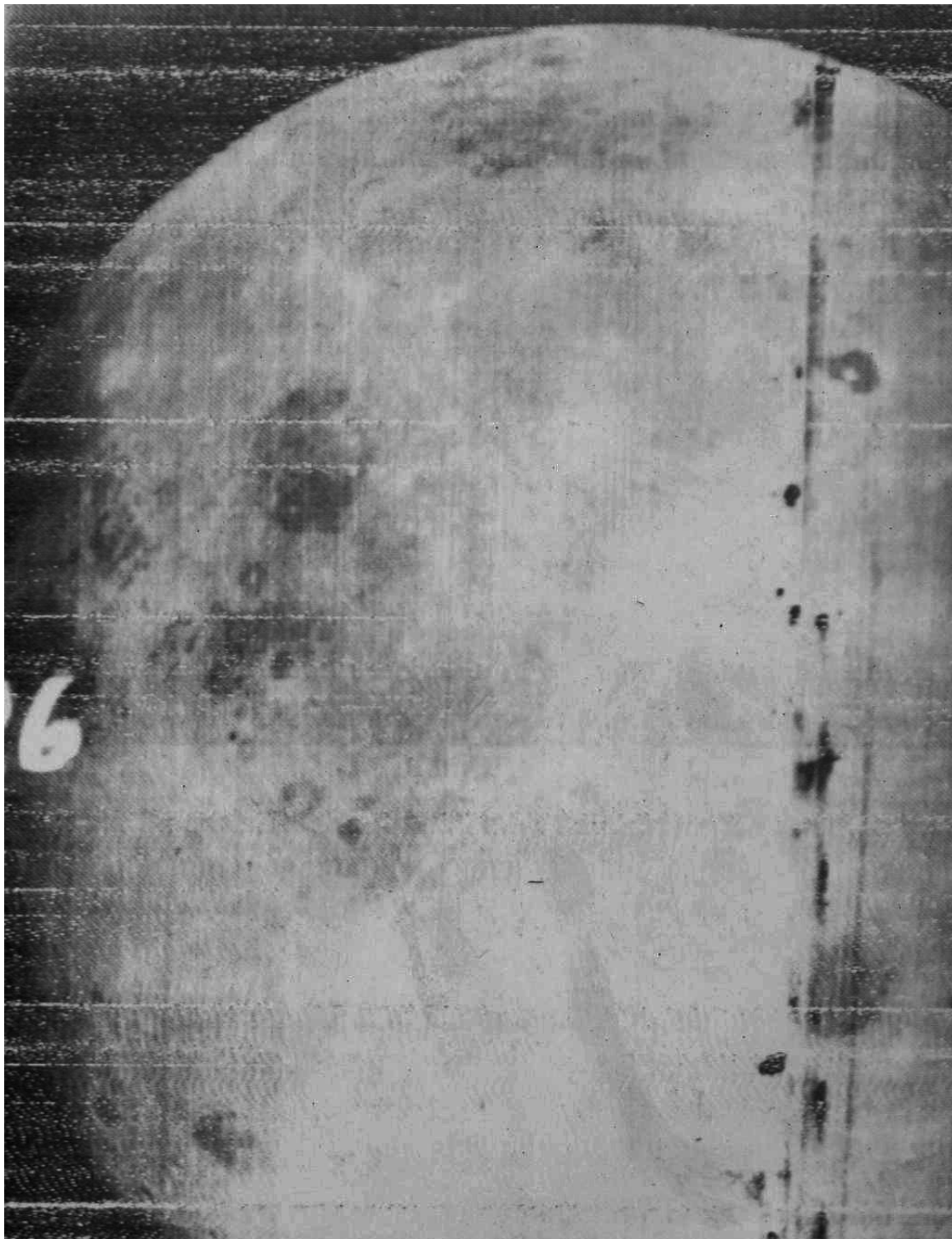


Фото1. Фотография Луны, переданная станцией Луна-3

Для выполнения этой работы кафедра получила магнитные ленты с записями переданных с АМС изображений в виде частотно-модулированных сигналов в полосе 2 – 4 кГц, специальные магнитофоны МУЗ-4 для воспроизведения этих сигналов, комплекс военной фототелеграфной аппаратуры Р-331, обеспечивающий демодуляцию ЧМ сигналов и воспроизведение изображений на фототелеграфных аппаратах с открытой и

закрытой записью. Кроме этого были получены сканирующий микрофотометр МФ-4, денситометр ДФЭ-10 и другая вспомогательная аппаратура. Для управления полутоновой (амплитудной) характеристикой тракта записи использовался разработанный кафедрой трехканальный корректор [3], позволявший синтезировать кусочно-линейную амплитудную характеристику, состоящую из трех участков.

Была открыта НИР «Луна», заказчиком которой был отдел физики Луны и планет ГАИШ. В работе принимали участие все сотрудники кафедры под руководством начальника кафедры полковника Е.Л.Орловского. При обработке изображений Луны использовались методы разрезов, оптимизации амплитудной характеристики тракта записи, подавления низкочастотных составляющих спектра частот видеосигнала и метод снижения видности помех, реализованный на ЭВМ «БЭСМ-6».

Метод разрезов является электронным аналогом метода фотометрических разрезов, предложенного профессором Ю.Н.Липским, возглавлявшим работу по составлению полной карты Луны и изданию Атласа обратной стороны Луны. Сущность этого метода состоит в том, что выбранная часть динамического диапазона (ДД) видеосигнала воспроизводится во всем ДД записывающего устройства. Это позволяет увеличить контраст объектов, видеосигнал которых находится в выбранном участке ДД. Естественно, что при этом возрастают и шумы, так что этот метод эффективен при обработке изображений с низким уровнем шумов (высоким отношением сигнал/шум).

На рис. 1 показан характер зависимости относительного числа предельно различимых градаций (m) от отношения сигнал/шум (Ψ) в наблюдаемом изображении [4]. Из этого графика видно, что при $\Psi > 60$ величина m практически не возрастает. Это объясняется тем, что даже при отсутствии внешних шумов величина порогового контраста определяется собственными шумами зрительной системы человека.

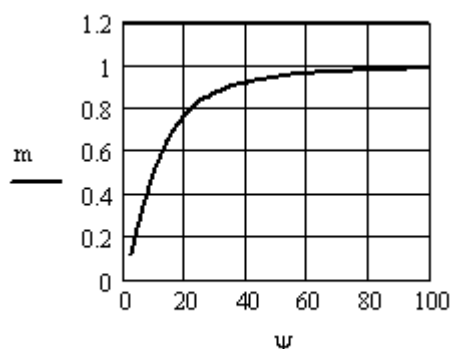


Рис. 1

* - АМС – автоматическая межпланетная станция.

** - ГАИШ – Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга.

Из характера кривой на рис. 1 следует, что если в исходном изображении при $\Psi=60$ число предельно различимых градаций (ПРГ) составляет 96% ($m=0,96$) от максимально возможного, то при уменьшении Ψ в два раза $m=0,87$, то есть число ПРГ уменьшилось лишь на 9%. Таким образом, число ПРГ в двух разрезах значительно превышает этот показатель для исходного изображения. Использование 3-х разрезов увеличит общее число ПРГ более чем в два раза. При $\Psi < 30$ метод разрезов не дает ощутимых результатов, так как при малых Ψ зависимость $m=f(\Psi)$ близка к линейной.

При обработке изображений с низким отношением сигнал/шум использовался метод оптимизации амплитудной характеристики тракта записи [5]. При этом использовались два критерия оптимальности: равномерность контрастной чувствительности по динамическому диапазону изображения и максимальность числа предельно различимых градаций. Определение требуемой амплитудной характеристики осуществлялось на основе анализа полутоновых характеристик передающего и приемного тракта до демодулятора и характера изменения контрастной чувствительности зрения по динамическому диапазону. К сожалению, трехканальный корректор не позволял реализовать найденные нелинейные амплитудные характеристики с достаточной точностью.

Весьма эффективным оказался метод подавления низкочастотных составляющих спектра частот видеосигнала в случае, когда на фотографиях имелось значительное изменение средней яркости вдоль одной из координат. Это явление имело место при боковом освещении шаровой поверхности, в результате чего одна ее часть освещена сильно, а другая находится в тени. Малый уровень шума позволяет улучшить дешифрируемость изображения повышением коэффициента усиления при записи, но ограниченность динамического диапазона фоторегистратора приведет к получению разреза, на котором будет воспроизведена лишь часть всего изображения (фото 2).

Это затрудняет работу по картографированию изучаемой поверхности и привязке координат отдельных объектов. Ослабление низкочастотных составляющих спектра частот видеосигнала было осуществлено с помощью фильтра верхних частот с переменными параметрами, начальное состояние которого обнулялось во время обратного хода строчной развертки [6]. Обработанное этим методом изображение на фото 2 представлено на фото 3, где повышен контраст деталей одновременно на всей наблюдаемой поверхности.



Фото 2. Фрагмент фотографии, переданной станцией Зонд-3

В последующем сотрудники кафедры осуществили (впервые в нашей стране) цифровую обработку лунных изображений. Работа выполнялась в Институте прикладной математики АН СССР на вычислительной машине БЭСМ-6. Аппаратурный комплекс обработки и оригинальные программы были созданы В.С.Штаркманом, Ю.И.Медниковым и Н.П.Скрипником.



Фото 3

Целью цифровой обработки было уменьшение видности регулярных помех на некоторых изображениях 1959 года [7]. Проведению этой работы в ИПМ содействовал Ю.К.Ходарев. Результаты работы были одобрены академиком М.В.Келдышем и доложены на Всесоюзной конференции, посвященной 10-летию космической эры.

В результате успешного выполнения работы заказчику были переданы отчет [8] с описанием использованных методов обработки сигналов и сами

изображения, которые были использованы при составлении карты Луны и вошли в 5 раздел второй части «Атласа обратной стороны Луны» [9]. В предисловии к этому атласу Академия связи указана среди организаций, участвовавших в работе по его подготовке, а среди авторов 5-го раздела, в котором приведены результаты работы кафедры телевидения академии, приведены фамилии основных исполнителей: Ефимов А.С., Медников Ю.И., Орловский Е.Л., Скрипник Н.П., Чечнев А.В., Щелованов Л.Н. Большую помощь в выполнении работы оказывали сотрудники кафедры Григорьев В.В. и Рейзисман А.М.. К сожалению, до сегодняшнего дня дожили и продолжают работать Ефимов А.С. и Скрипник Н.П. (Военная академия связи), и Медников Ю.И. (РГГУ, г. Санкт-Петербург).

В дальнейшем кафедра телевидения по предложению московского НИИ приборостроения участвовала в приеме изображений, передаваемых станциями Луна-12, Луна-13 (1966 г.), Марс-3 (1971 г.). На фото 4 приведена одна из фотографий Луны, полученных станцией Луна-12, находившейся на орбите спутника Луны. На фото 5 показан фрагмент лунной панорамы, переданной станцией Луна-13, осуществившей мягкую посадку на поверхность Луны. В 70-е годы кафедра выполнила ряд научно-исследовательских работ по заданию Института космических исследований АН СССР: Эллипс, Звезда, Комета [10], в которых исследовались методы повышения контрастной чувствительности и улучшения дешифрируемости систем электрической передачи изображений.

Литература

1. Атлас обратной стороны Луны. – М.: АН СССР, 1960.
2. Орловский Е.Л., Медников Ю.И., Кулаков П.Н., Щелованов Л.Н. О контрастной чувствительности и воспроизведении полутонов в системах передачи изображений. – Электросвязь, 1962, №10.
3. Орловский Е.Л., Ефимов А.С. Устройство для коррекции полутонов в фототелеграфной системе. – Авторское свидетельство №307533 от 2.4.1971 г.
4. Ефимов А.С. Контрастная чувствительность зрения при наблюдении ТВ изображений. – Техника кино и телевидения, 1977, №2, с.45-48.
5. Ефимов А.С. Оптимизация контрастной чувствительности систем электрической передачи изображений. – Электросвязь, 1977, №4, с.33-35.
6. Ефимов А.С. Запись фототелевизионных изображений. – Техника кино и телевидения, 1971, №2, с.61-63.
7. Медников Ю.И., Скрипник Н.П. Уменьшение видности помех на изображении. – Техника кино и телевидения, 1968, №9, с.61-63.
8. Отчет по НИР Луна, ВАС, 1967.
9. Атлас обратной стороны Луны. 2 часть. – М.: АН СССР, 1967.
10. Отчеты по НИР: «Эллипс», ВАС, 1968, «Звезда», ВАС, 1972, «Комета», ВАС, 1974.

11. Глазков В.Д., Ефимов А.С. Оптимизация амплитудных характеристик прикладных систем электрической передачи изображений. М.: ИКИ АН СССР, 1974.

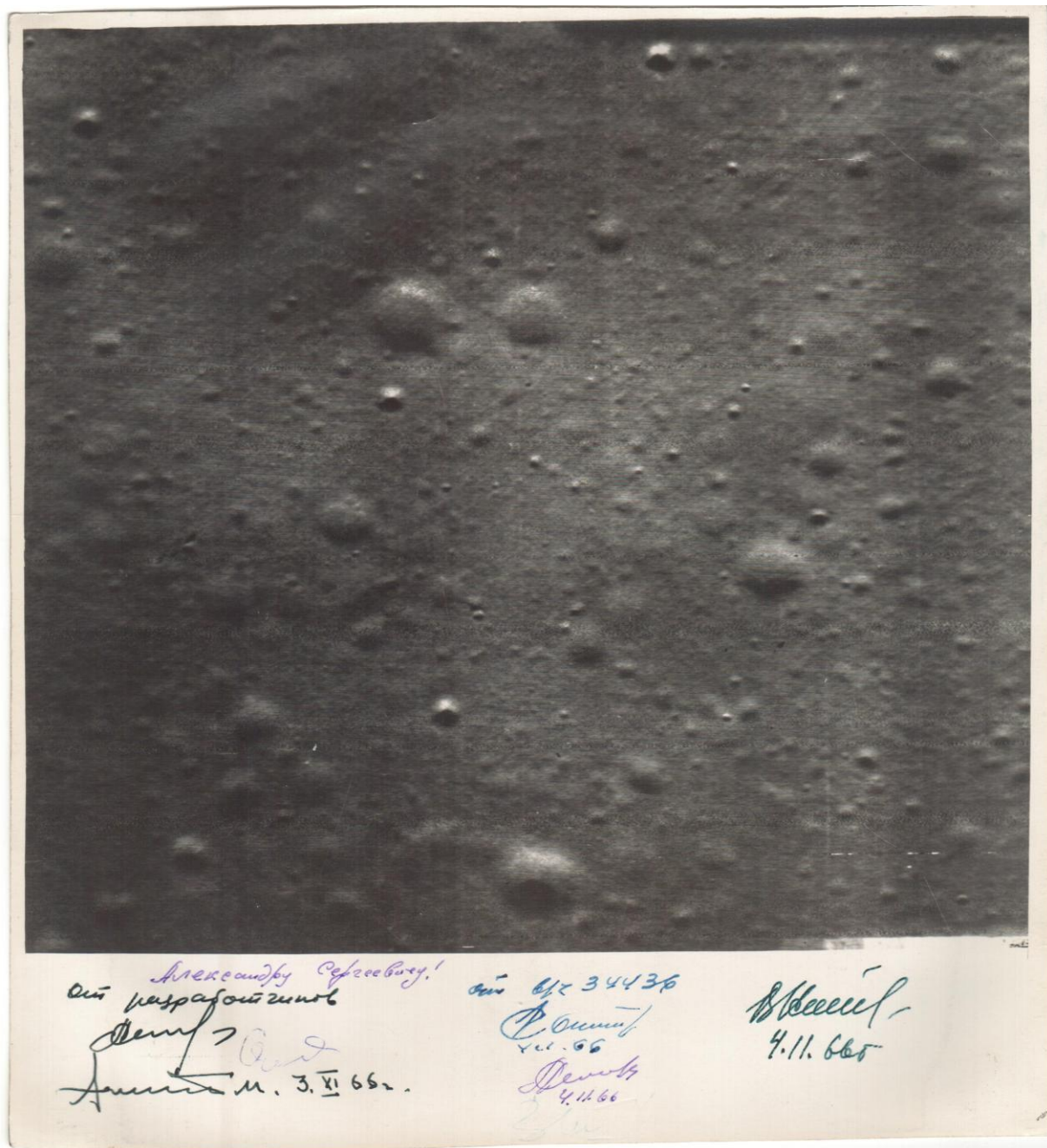


Фото 4

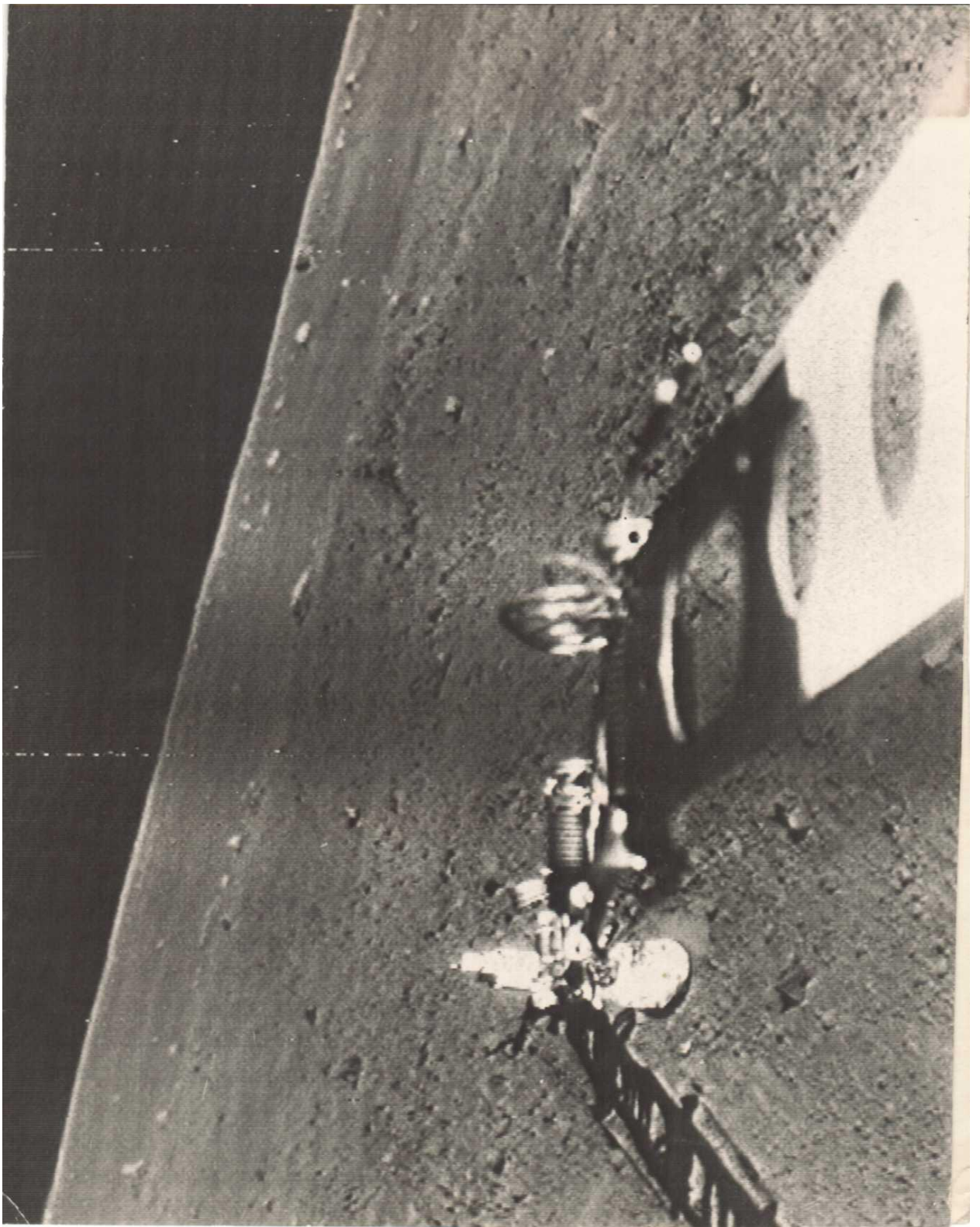


Фото 5