

УДК 523 EDN IEDFIN

Анализ и обработка сигналов, полученных со спускаемого аппарата «Марс-3»

Ю. М. Гектин, к. т. н., contact@spacecorp.ru

АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

А. В. Костачук, к. т. н., contact@spacecorp.ru

АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

Аннотация. В работе проводится анализ сигналов от телефотометров, установленных на спускаемом аппарате станции «Марс-3», который впервые в мире в 1971 г. совершил посадку на поверхности Марса. Оценивается длительность работы передатчиков аппарата, анализируются режимы съемки, определяется уровень освещенности в месте посадки. Обосновываются геометрические характеристики изображений на основе анализа принятых сигналов. С помощью специализированного алгоритма осуществляется восстановление фрагментов панорам, переданных спускаемым аппаратом, и проводится обзорный анализ этих снимков. Подчеркивается историческая ценность и значимость полученных результатов.

Ключевые слова: Марс-3, анализ сигналов, восстановление изображения

Analysis and Procession of Signals Received from the Lander of the Mars-3 Space Probe

Yu. M. Gektin, *Cand. Sci. (Engineering)*, contact@spacecorp.ru

Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation

A. V. Kostachuk, *Cand. Sci. (Engineering)*, contact@spacecorp.ru

Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation

Abstract. The paper analyses signals from telephotometers installed on the lander of the Mars-3 space probe, which landed on the surface of Mars for the first time in the world in 1971. The duration of operation of the spacecraft transmitters is estimated, the imaging modes are analyzed, and the level of illumination at the landing site is determined. The geometrical characteristics of the images are substantiated based on the analysis of the received signals. A specialized algorithm is used to reconstruct fragments of panoramas transmitted by the lander and to carry out an overview analysis of these images. The historical value and significance of the results obtained are emphasized.

Keywords: Mars-3, signal analysis, image reconstruction

Введение

2 декабря 1971 г. спускаемый аппарат «Марс-3» впервые в мире совершил посадку на поверхность Марса. После контакта с поверхностью он, в соответствии с циклограммой, в течение полутора минут проводил подготовку к работе и разворачивал оборудование, затем включил камеры и начал передавать панораму поверхности. Что произошло в дальнейшем, до сих пор остается невыясненным. Известно, что переданные сигналы были кратковременными, прекратившимися до запланированного окончания первого сеанса связи и весьма зашумленными. Второго сеанса связи не было по причине формирования нерасчетной 12-суточной орбиты вместо 25-часовой штатной: к моменту прохода орбитальным аппаратом (ОА) точки установления связи со спускаемым аппаратом (СА) аккумуляторы СА, рассчитанные на 2–3 дня работы, были уже разряжены. В различных источниках указываются различные оценки длительности переданного сигнала: указываются цифры 14,5 с [1, 2], 20 с [3–5] и 40 с [6]. Имеется также ряд других расхождений, не позволяющих сложить общую картину произошедшего: в частности, нет общей точки зрения на количество работавших в первом сеансе связи камер, наличие прямой трансляции принятых сигналов на Землю и ряд других вопросов.

Наличие столь существенных расхождений свидетельствует о неполноте имеющейся картины произошедшего, что ставит вопрос о дополнительном исследовании данного вопроса. В работе [5]

была приведена интерпретация структуры сигнала и сделана попытка выделения из него изображения при некоторых предположениях. Однако имеются основания и дополнительные технические возможности провести более глубокий анализ принятых сигналов с аппарата, чтобы более точно восстановить логику произошедшего и попытаться извлечь из сигналов полезную информацию.

Исходные данные

Из-за давности событий по проекту М-71 сохранилось и находится в публичном архивном доступе крайне небольшое число материалов. Наиболее ценным архивным материалом, использованным при анализе, является обзорное описание технического проекта станций М-71 [7]. Том проекта, посвященный спускаемому аппарату, в архиве не депонирован. Записи сигналов с СА в архиве также отсутствуют, и их не удалось запросить у организаций — возможных держателей материалов.

Для анализа используются сохранившиеся отсканированные снимки отпечатков сигналов, принятых со спускаемого аппарата «Марс-3». Сканы этих отпечатков были сохранены Арнольдом Сергеевичем Селивановым, создателем этих телефотометров. Светлая память этому замечательному человеку.

Эти сигналы были одновременно переданы по двум радиоканалам, записаны на магнитном носителе запоминающего устройства и при дальнейших сеансах связи переданы на Землю (рис. 1 и 2).

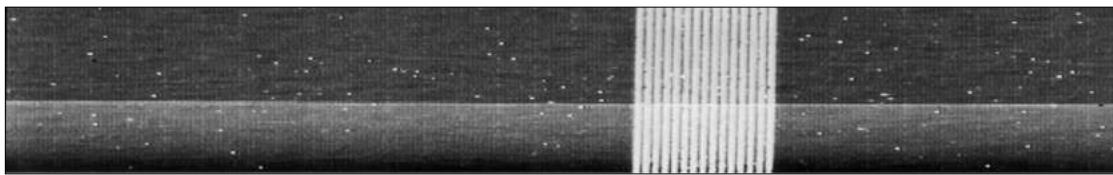


Рис. 1. Изображение сигнала, полученного со спускаемого аппарата «Марс-3» по одному из двух каналов

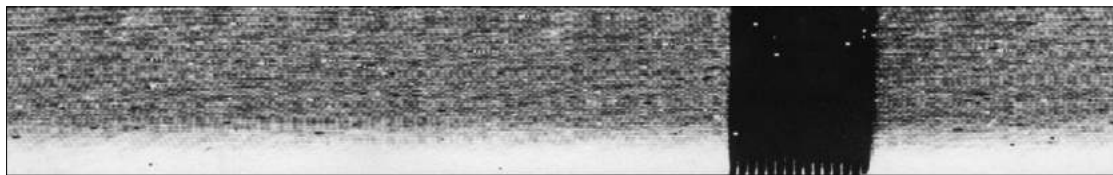


Рис. 2. Изображение сигнала, полученного со спускаемого аппарата «Марс-3» по второму каналу

Известно, что воспроизведение шло на пониженной в четыре раза скорости с целью уменьшения ошибок; прямой передачи в реальном времени на Землю не было.

Изображения сигналов приведены повернутыми на 90° , направление построчного сканирования — снизу вверх; при правильном расположении строчки должны идти справа налево. Эти фрагменты однозначно идентифицированы как видеосигнал с камер по наличию «импульса обратного хода» (ИОХ) — полосатого или черного участка, передававшегося во время возврата сканирующего зеркала в начало строки. В ИОХ передавалась телеметрия освещенности — ширина прямоугольных импульсов (полосок) пропорциональна уровню входного сигнала камеры. Камеры Я-198, применявшиеся на «Марсе-3», были одинаковы по конструкции с панорамными камерами луноходов, принципы формирования изображения которыми описаны в [8,9].

Кроме того, изображение сигнала со спускаемого аппарата было показано в фильме BBC *The Planets*, 1999.

Видно, что этот фрагмент в целом соответствует сигналу на рис. 2 с небольшими искажениями, однако он протяженнее по времени и имеет дополнительные участки: шумоподобный фрагмент до видеоизображения и участки сигнала с околонулевой амплитудой (т. е. содержащие черный фон) после него.

Длительность передачи

Согласно циклограмме программно-временного устройства СА, приведенной в [7], включение передатчика модуля производилось одновременно с включением обеих камер аппарата. Отсюда непосредственно следует, что сигнал на рис. 3 не содержит посторонних шумов, полученных до фрагмента с изображением: весь сигнал сформирован камерой аппарата, причем с корректно сформированной модуляцией, допускающей дальнейший прием и печать на фототелеграфном устройстве. Это дает возможность рассчитать общую длительность сигнала, приведенного на рис. 3. Известно, что камеры передавали панораму со скоростью 4 строки в секунду. Рис. 2 имеет качество, допускающее непосредственный подсчет числа переданных строк: их на отпечатке 78, что соответствует 19,5 с передачи. Качество рис. 3 не позволяет непосредственно подсчитать число строк во всем показанном участке сигнала, но через пропорцию можно определить примерную длительность различных участков сигнала. Рис. 4 показывает длительности передачи различных участков сигнала, он объясняет причину расхождений источников относительно длительности передачи.

Таким образом, фактическая длительность переданного сигнала со спускаемого аппарата была не менее 62 с. Представляется возможным, что черный участок с околонулевым уровнем сигнала

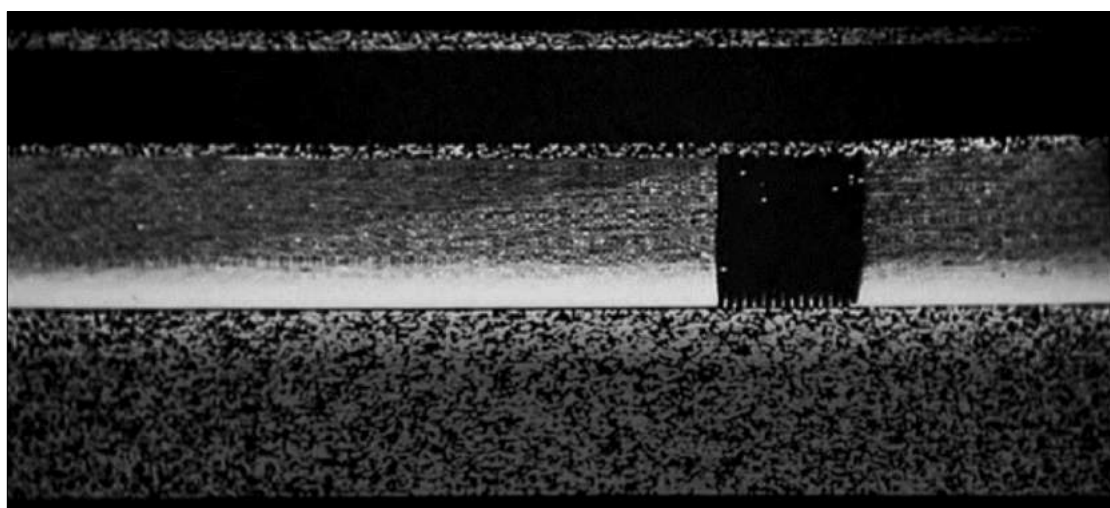


Рис. 3. Кадр из фильма BBC *The Planets*, 1999, episode 6, время 24:16

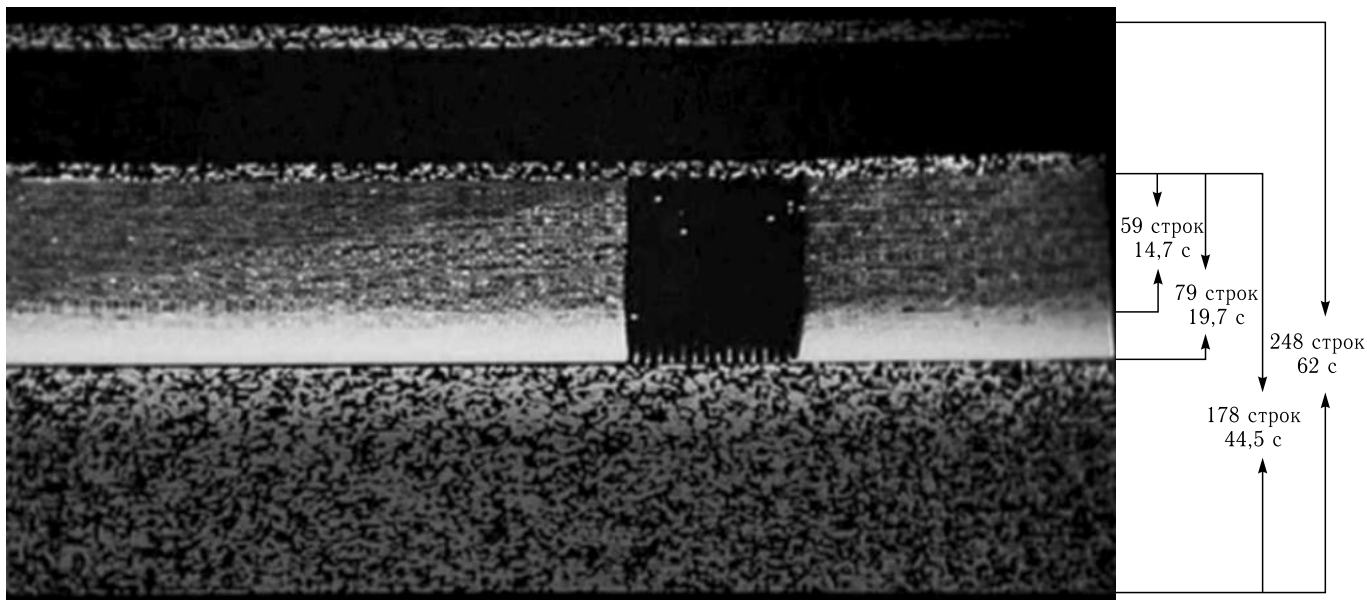


Рис. 4. Длительности фрагментов переданного сигнала на основе рис. 3

следовал и дальше неопределенное время, а спускаемый аппарат проработал несколько дольше 62 с.

Две камеры

В источниках имеется расхождение относительно того, сколько камер СА работало в первый сеанс связи. В частности, в [1, 3, 10] сообщают о двух работавших камерах, тогда как другие источники говорят о работе только одной камеры в первом сеансе связи с дублированием ее данных на двух разных радиоканалах. Архивный документ [7] однозначно разрешает этот вопрос: в первом, как и в последующих сеансах связи, по циклограмме одновременно включались две камеры, передававшие данные на двух различных частотах. Таким образом, на рис. 1 и 2 приведены результа-

ты работы двух различных телефотометров аппарата. Обозначим камеры, соответствующие сигналам рис. 1 и 2, как № 1 и № 2.

Вывод сигналов осуществлялся на фототелеграфных аппаратах «Волга» закрытого типа, изображение на которых печаталось светооптической головкой на широкоформатной фотопленке [11]. Анализируя особенности печати панорам с лунных станций, можно сделать вывод, что при таком способе печати фоновый промежуток между печатаемыми строками остается черным, высвечивая яркие элементы изображения. Этот факт позволяет однозначно определить, что рис. 1 является негативным изображением, тогда как рис. 2 — позитивным. Правильное неинвертированное изображение с камеры № 1 должно выглядеть так, как на рис. 5.

Подсчет числа строк на фрагменте сигнала рис. 5 дал значение 77, что соответствует 19,25 с передачи.

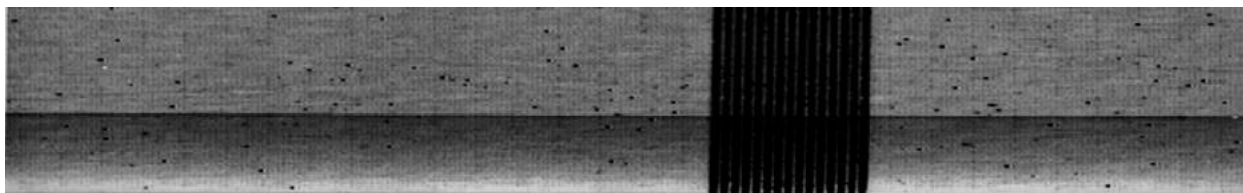


Рис. 5. Изображение с рис. 1 в позитиве

Сравнение изображений сигналов рис. 5 и 2 показывает наличие между ними заметных различий. Во-первых, область импульса обратного хода на рис. 5 содержит четкие полосы на протяжении всего фрагмента сигнала, а на рис. 2 они появляются в самом начале передачи, а потом исчезают. Во-вторых, на рис. 5 видно плавное изменение яркости, однозначно соответствующее логике работы системы автоматической регулировки чувствительности АРЧ [8], тогда как на рис. 2 следов работы АРЧ не наблюдается. В-третьих, сигнал на рис. 2 выглядит как нестабильный, телевизионные элементы на изображении «гуляют» вдоль строки, притом что на рис. 5 телевизионные элементы в разных строчках стоят точно в ряд. Это позволяет сделать вывод, что сигнал, полученный с камеры № 2, является существенно более слабым — он сильнее зашумлен и искажен и его уровень ниже, нежели сигнал с камеры № 1. В чем же может быть причина таких различий?

В статье [5] сообщается, что на двух камерах спускаемого аппарата были применены светофильтры: оранжевый ОС-14 и желто-зеленый ЖЗС-13. Согласно каталогу цветного стекла [12] светофильтр ЖЗС-13, применявшийся для фотодальнометров, имеет весьма низкий коэффициент пропускания — не менее чем в 20 раз ниже, чем у ОС-14. Это означает, что одна из камер была оснащена весьма темным светофильтром, что в условиях бушевавшей пылевой бури давало сильное ослабление светового потока. Видимо, слишком темная картинка привела к низкой индикации освещенности, выраженной в исчезновении полосок прямоугольных импульсов и, возможно, нестабильности формирования сигнала.

Интерпретация сигнала

Согласно [8] АРЧ, впервые использованная в составе камеры «Луны-9», предназначалась для расширения динамического диапазона камеры. Ее функцией было ослабление сигнала, когда средний уровень яркости становился выше порога, соответствующего освещенности местности 500 лк. То есть при низких уровнях освещенности система АРЧ не включалась, а при превышении порогового уровня активировалась и, в соответствии

со средним уровнем яркости, уменьшала напряжение на фотоэлектронном умножителе ФЭУ, регулируя уровень сигнала; при падении уровня освещенности ниже 500 лк АРЧ отключалась. В камерах второго поколения [9], в том числе луноходов и СА «Марс-3», средний уровень яркости определялся на основании усреднения в течении нескольких секунд видеосигнала, идущего через цепь обратной связи от выходного усилителя камеры.

Приведем интерпретацию событий, произошедших с СА, на основании имеющихся изображений.

В момент времени t_0 , согласно циклограмме, одновременно включились камеры и передатчик. Камера, судя по всему, находится в штатном режиме: передаваемый ей сигнал имеет дефект модуляции, выражающийся всего в одном-двух уровнях яркости вместо штатных 64 и отсутствии формирования области ИОХ. Можно предположить, что еще не включились какие-то функциональные блоки камеры либо был недостаточный уровень напряжения. В момент времени t_1 произошло какое-то электрическое событие, включившее камеры в штатном режиме работы, но с повышенным напряжением на ФЭУ — из-за этого изображение получалось слишком ярким. С существенно меньшей вероятностью можно допустить, что эта аномальная яркость была вызвана естественными причинами, например бликами от поверхности, при условии соответствующей направленности камер. АРЧ на камере № 1 включилась практически сразу (видимо, значение накопленного среднего позволяло это), и система стала компенсировать высокий уровень сигнала, понижая напряжение на ФЭУ; на камере № 2 АРЧ не включалась. К моменту t_2 АРЧ выровняла выходной сигнал на камере № 1 до штатного уровня, но входной уровень сигнала вскоре стал постепенно падать. АРЧ на камере № 1, имея задержку по усреднению, несмотря на уменьшение входного сигнала, продолжала уменьшать выходной сигнал, уводя его на уровень ниже штатного; тогда как на камере № 2 мы наблюдаем обычное ослабление сигнала. В момент t_3 аномальная яркость выровнялась и уровень сигнала стал штатным; АРЧ камеры № 1 все еще продолжает уменьшать напряжение. Наконец, в момент t_4 накопленное среднее стало меньше

порогового уровня и АРЧ отключилась, убрав компенсирующее уменьшение и, таким образом, вернув уровень сигнала на камере № 1 скачком в норму. Далее сигнал штатно транслировался до возникновения новых проблем в момент t_5 , после чего нормальная передача сигнала уже не возобновлялась (рис. 6).

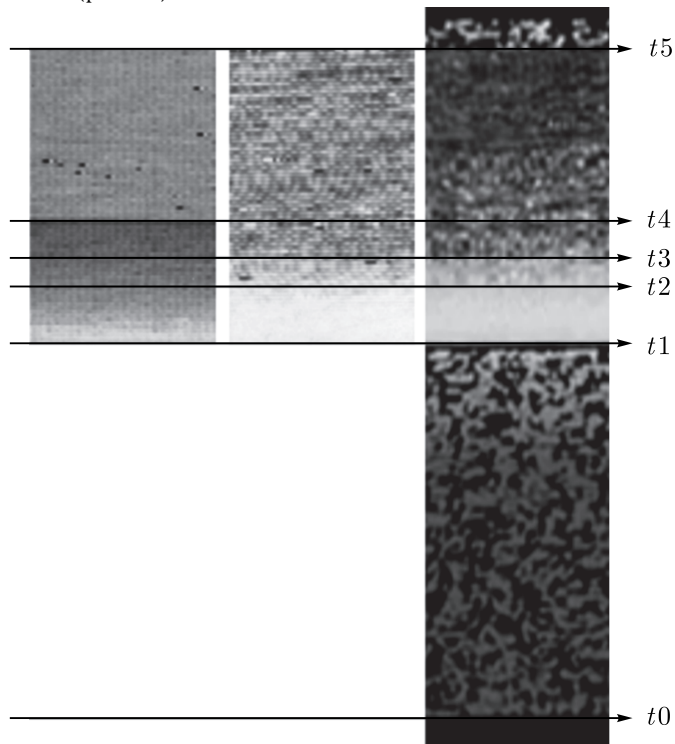


Рис. 6. Временные события сигнала. Сравниваются фрагменты изображений на рис. 5, 2, 3, последний более полный по времени, но в худшем качестве и с искажением яркости. Первый фрагмент соответствует камере № 1, два других — камере № 2

Данная интерпретация позволяет дополнительно оценить корректность оценки сигнала на рис. 1 как негативного, так как в противном случае вид сигнала противоречил бы логике работы АРЧ. Также данная интерпретация позволяет оценить уровень освещенности в месте посадки на уровне примерно 480 лк — чуть менее 500 лк, пороговых для отключения системы АРЧ. Приведенная в [5] оценка уровня освещенности в 50 лк, произведенная по затуханию ширины прямоугольного импульса в области ИОХ сигнала на рис. 2, по-видимому, не учитывала использование темного светофильтра ЖЗС-13, существенно ослаблявшего яркость изображения на оснащенной им камере.

Режим съемки панорамы

Согласно циклограмме работы спускаемого аппарата передача данных с СА строилась циклами длительностью 4 мин 34 с: из них 4 мин 22 с происходила передача изображения с панорамных камер, а последние 12 с передавалась телеметрическая информация с научных приборов (РГАНТД Ф.213 Оп.5-1 Д.186) [4]. В первом сеансе связи было предусмотрено 5 таких циклов, во втором — 10 циклов. Соответственно максимальная предусмотренная длительность передачи данных в первом сеансе связи была 22 мин 50 с, а во втором — чуть более 45 мин.

Панорама, снимаемая камерами типа Я-198, в штатном режиме съемки имела 500 телевизионных элементов в строке при 6000 строк в круговой панораме. Учитывая, что поле зрения камеры составляло 30° , можно считать, что разрешение панорамы было 6000×500 точек. В панорамных камерах луноходов скорость съемки камеры составляла 4 строки в секунду, и на СА «Марс-3» применялась именно эта модификация камеры. Соответственно длительность съемки полной круговой панорамы в основном режиме должна была составить 25 мин.

Длительность коммуникационного окна СА с ОА определяется условиями видимости аппаратов: сколько времени пройдет с момента возможного начала передачи данных до ухода ОА за горизонт. В источнике [4] указана длительность первого коммуникационного окна в 18 мин с момента раскрытия парашюта, что дает 11–16 мин связи с учетом расчетного времени спуска и подготовки аппарата к работе. В неблагоприятном случае возможная длительность коммуникационного окна могла быть меньше 11 мин из-за возможного наличия рельефа на горизонте. Также надо учитывать, что параметры атмосферы Марса, влияющие на время спуска, не были точно известны к моменту экспедиции: в работе [3] производится оценка применимости моделей атмосферы на основании продолжительности спуска СА. Соответственно 16 мин для первой передачи были возможны только при самых благоприятных условиях, а на сокращение длительности работал целый ряд факторов. Расчетная длительность

коммуникационного окна второго сеанса связи при правильно сформированной орбите ОА была чуть больше 30 мин.

Возникает противоречие: полная круговая панорама, съемка которой была целью посадочной экспедиции, со штатной скоростью съемки не могла быть передана за имеющийся промежуток времени коммуникационного окна и это даже не было предусмотрено циклограммой. Маловероятно, что использование второй камеры могло бы удвоить поле обзора: набор запланированных экспериментов по съемке местности в двух диапазонах и получению стереоскопического снимка [5] обуславливал необходимость съемки двумя камерами, чтобы при возможном прекращении связи было получено как можно больше запланированных результатов исследований.

Единственным предположением, устраняющим все противоречия, является использование в первом сеансе связи так называемого просмотрового режима камеры. В этом режиме камера снимала с учетверенной скоростью панорамной развертки при сохранении параметров строчной развертки, т. е. разрешение круговой панорамы в этом режиме принимало значение 1500×500 точек. Этот режим описан в [8], его наличие на камерах луноходов подтверждается документом [11]. В этом случае съемка круговой панорамы составляла чуть больше шести минут, а изображение получалось в четыре раза сжатым в направлении панорамирования, что требовало обратного растяжения при восстановлении снимка.

Недостаточность сохранившихся архивных документов по СА «Марс-3» не позволяет прямо подтвердить использование просмотрового режима камеры в первом сеансе связи. Однако его использование видится более вероятным, нежели использование обычного режима, так как позволяло получить несколько круговых обзоров при разных условиях связи, значительно снижая риски полного невыполнения программы, а проведение съемки панорамы в основном режиме было бы выполнено во втором сеансе связи. Анализ данных наземных испытаний спускаемого аппарата с высокой вероятностью показал, что при финальной проверке аппарата был использован именно просмотровый режим камеры.

Геометрия изображений

Исходя из выполненных выше построений для создания геометрически правильных изображений с камеры необходимо: повернуть их на 90° против часовой стрелки; исключить область ИОХ, поменяв при этом разделенные части сигнала местами, т. е. соединив верх и низ прежнего кадра; растянуть изображение в 4 раза по ширине для компенсации искажения просмотрового режима камеры. Кроме того, особенностью работы фототелеграфного устройства «Волга» закрытого типа, применявшегося для печати сигналов, является получение отпечатков в зеркальном виде; это хорошо видно по подписям на снимках лунных панорам. Соответственно получаемое изображение необходимо отразить по вертикали.

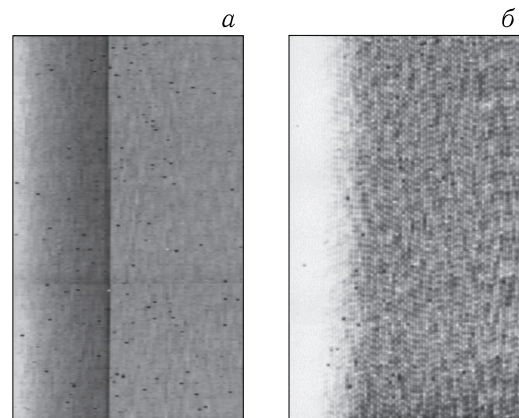


Рис. 7. Результат геометрической обработки сигналов с рис. 4 (а) и 2 (б)

В результате изображения сигналов, соответствующие геометрически правильным условиям, имеют следующий вид (см. рис. 7).

Алгоритм обработки изображений

В работе [5] сообщается, что сигнал содержит импульсные и периодические помехи, не позволяющие выделить контрастные элементы на изображении. Видно, что приведенные на рис. 6 изображения вполне соответствуют этой характеристике. Для устранения периодических помех и по возможности приведения снимков в контрастно насыщенный вид был разработан специальный алгоритм

обработки, корректирующий амплитудное пространство фурье-спектра изображения. Предварительный анализ показал, что на слабоконтрастных изображениях в некоторой мере сохранилась высокочастотная часть фурье-спектра, представляющая информацию о деталях, тогда как средняя и низкочастотная части в значительной степени подавлены. Идеей восстановления была «гармонизация» амплитуд спектра изображения — так, чтобы производилось поднятие слишком низких основных гармоник сигнала и подавление непропорциональных выбросов, соответствующих шуму, но при сохранении естественных мелких деталей изображения. При таком подходе периодический шум будет ослаблен практически до неразличимости (хотя и не полностью), тогда как полезные составляющие спектра изображения будут усилены в необходимой степени. Этот способ обработки можно отнести к классу алгоритмов пространственно-частотной фильтрации.

Использовалась следующая формула преобразования фурье-спектра изображения:

$$M_1(x, y) = \ln(M(x, y) + 1) \cdot e^{-\sqrt[4]{r(x, y)} \cdot 10/k}, \quad (1)$$

где $M(x, y)$ — амплитуда спектра изображения в точке, $r(x, y)$ — расстояние от точки до центра спектра, w — коэффициент компенсации растяжения изображения вдоль оси X , k — коэффициент баланса частот. При значениях $k < 5$ происходит аппроксимация изображения в области низких частот, увеличивающая крупные элементы изображения и размывающая мелкие детали, а при $k > 8$ усиливается высокочастотная составляющая картинки, выделяющая преимущественно мелкие детали. Алгоритм реализован на основе прямого и обратного БПФ, так что перед обработкой исходные изображения растягиваются до размеров, кратных степени 2.

Наиболее эффективным является применение данного алгоритма обработки в режиме «скользящего окна»: преобразование применяется не ко всему изображению, а к его части, сдвигая область преобразования по всему снимку, после чего результаты усредняются для каждой точки. Помимо общего повышения качества и четкости результата, это позволяет исключить возможные артефакты преобразования, так как потенциальные выбросы

при обработке одного участка будут нивелированы усреднением с соседними участками, оставляя в итоге только реальные элементы изображения. Размер скользящего окна применяется в половину ширины и высоты исходного снимка. Непосредственный результат обработки нормализуется до диапазона яркости 0–255. Этот алгоритм с некоторыми вариациями был апробирован на задачах восстановления ряда искаженных, размытых или слабодетализированных астрономических снимков, в частности сделанных аппаратами Rosetta, Philae, New Horizons, «Хаябуса-2» и др. В ходе исследования были получены весьма неплохие результаты его применения, изучены различные режимы и отработана практика применения. Это позволило применить данный метод для восстановления снимков СА «Марс-3».

Восстановление фрагментов панорамы

Для восстановления изображений из сигналов применялось преобразование (1) с коэффициентами $w = 3$ и $k = 6$ в режиме «скользящего окна». На рис. 8 и 9 приведена работа алгоритма для сигналов с двух камер. Для сигнала камеры №2 на обработку подаются только информативные 59 строк, так как из-за аппроксимационных свойств преобразования обработка пересвеченного

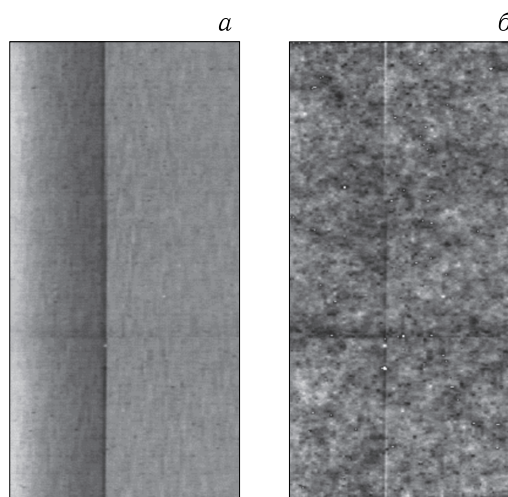


Рис. 8. Исходное изображение (а) и результат преобразования (б) сигнала с камеры №1

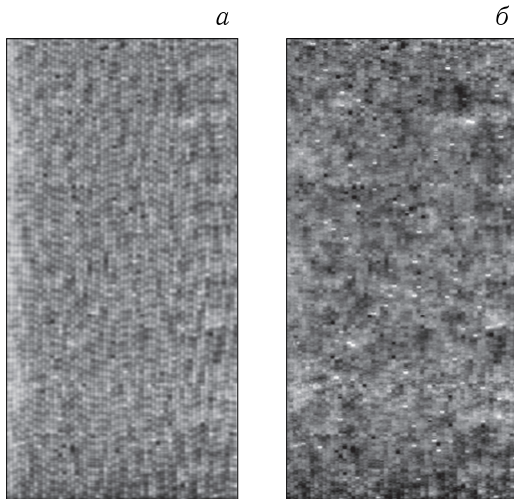


Рис. 9. Исходное изображение (а) и результат преобразования (б) сигнала с камеры № 2

участка сигнала дала бы не вполне достоверный результат. Перед обработкой проведено удаление явной импульсной помехи; она не устранялась преобразованием и не мешала алгоритму восстановления, оставаясь точками на результирующих снимках.

После применения алгоритма проведена дообработка изображений с целью дополнительного улучшения качества, включающая, в том числе, корректировку гистограммы яркости (контрастирование), а также приведение в требуемый размер.

На рис. 10 приведены восстановленные фрагменты панорам, сделанных двумя камерами СА «Марс-3», в окончательном виде. Снимок на рис. 10, а сделан через оранжевый светофильтр, 10, б — через желто-зеленый.

Обзорный анализ изображений

Если снимки на рис. 10 восстановлены правильно, то по освещенности можно заключить, что они сделаны в одну сторону — против источника света, т. е. в западную сторону от места посадки. Перекрытия полей зрения камер нет. Так как траектория падения СА шла с запада на восток, то представляется вероятным, что на панораме могут быть видны технические отпечатки, оставленные при качении модуля по грунту или от работы его системы при раскрытии лепестков. Можно обоснованно предположить, что темное пятно

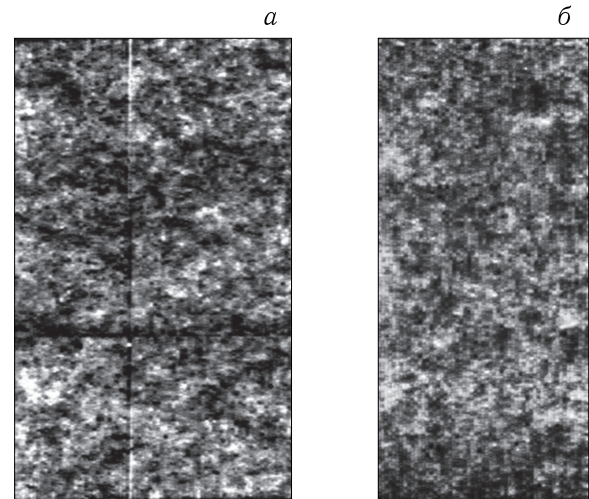


Рис. 10. Результаты обработки сигналов с двух камер: а) камера № 1, б) камера № 2

в верхней правой части изображения рис. 10, б является углублением, оставленным на грунте конструкцией спускаемого аппарата, вероятнее всего, лепестком.

Угловой размер снимков по горизонтали рис. 10, а составляет 18° , а рис. 10, б — $13,7^\circ$. Камеры имели вертикальный угол обзора 30° с разделением плоскостью панорамирования на 5° (над плоскостью) и 25° . Из-за ассиметричного расположения оборудования на лепестках станции наиболее вероятным является наклон станции на угол порядка $15\text{--}20^\circ$ в сторону, противоположную креплению прибора, т. е. в сторону направления съемки. Нештатное положение аппарата (на боку или т. п.) исключается. Учитывая вероятный наклон станции и высоту расположения камеры, расстояние от модуля на снимке рис. 10, б приблизительно оценивается как 0,9 м для нижнего края снимка и 3,8 м для верхнего. Дальнейшее построение детальной интерпретации полученных изображений выходит за рамки настоящей работы.

Заключение

В статье проанализированы отпечатки сигналов, полученных с камер спускаемого аппарата «Марс-3». На основе анализа определена длительность работы спускаемого аппарата (не менее 62 с), выполнена интерпретация событий на основе отпечатков сигналов, определен уровень освещенности

в месте посадки (примерно 480 лк). С помощью специально разработанного метода обработки выполнено восстановление двух фрагментов панорам местности, снятых в точке посадки спускаемого аппарата в различных спектральных диапазонах через светофильтры.

Представляется маловероятным, что восстановленные изображения могут содержать научную новизну. Огромный объем данных о поверхности Марса, собранный современными аппаратами, позволяет составить полную научную картину, не требуя привлечения восстановленных изображений более чем полувекковой давности.

С другой стороны, кратер Птолемея ни до, ни после «Марса-3» не был исследован посадочным способом и пока неизвестно о планах предпринять такую экспедицию. На основании восстановленных снимков теоретически возможно получить сведения о механических свойствах грунта в месте посадки, например с использованием метода, описанного в [13]. С исторической точки зрения восстановленные фрагменты панорамы должны иметь значительную ценность. Если все допущенные предположения подтвердятся, то это — первые изображения с поверхности другой планеты, полученные человечеством, и в этом статусе они должны быть интересны еще долгое время. Первая посадочная экспедиция к Марсу оказалась не полностью безуспешной, принесла науке некоторые данные, пусть неполные, пусть и через полвека.

Авторы убеждены, что первые снимки с другой планеты, столь желанные для человечества на протяжении веков, заслуживают исследовательского внимания и бережного исторического отношения.

Список литературы

1. *Perminov V. G.* The Difficult Road to Mars // Monographs in Aerospace History. 1999. № 15. P. 148–156. <https://history.nasa.gov/monograph15.pdf> (Дата обращения: 06.02.2023).
2. *Harvey B.* Russian Space Probes: Scientific Discoveries and Future Missions. Praxis, 2011. С. 97–101.
3. *Marov M. Yu., Petrov G. I.* Investigations of Mars from the Soviet Automatic Stations Mars 2 and 3 // Icarus. 1973. V. 19. P. 163–179.
4. *Асюшкин В. А., Грешилов П. А., Ефанов В. В. и др.* Автоматические космические аппараты для фундаментальных и прикладных научных исследований / Под ред. Г. М. Палишука и К. М. Пичхадзе. М.: МАИ-ПРИНТ, 2010. 74 с.
5. *Селиванов А. С.* О первой панораме с поверхности Марса // Астрономический вестник. 2013. Т. 47, № 3. С. 198–200.
6. *Кержанович В. В.* Обзор программ исследования дальнего космоса / Радиосистемы межпланетных космических аппаратов. М.: Радио и связь, 1993. С. 24–31.
7. РГАНТД Ф.213 Оп.5-1 Д.186 / Автоматический космический аппарат М-71 (5МВ). Эскизный проект. Т.1. Общие сведения о комплексе М-71. Научно-производственное объединение им. С. А. Лавочкина (п/я А-7544, Машиностроительный завод им. С. А. Лавочкина, ОКБ завода им. С. А. Лавочкина) МОМ СССР.
8. *Селиванов А. С., Говоров В. М., Титов А. С., Чемоданов В. П.* Панорамная телевизионная камера автоматических лунных станций // Техника кино и телевидения. 1968. № 1. С. 9–17.
9. *Селиванов А. С., Говоров В. М., Чемоданов В. П., Оводкова С. Г.* Телевизионные системы панорамного обзора автоматических лунных станций второго поколения // Техника кино и телевидения. 1972. № 5. С. 43–46.
10. *Селиванов А. С., Нараева М. К., Синельникова И. Ф. и др.* Поверхность Марса. М.: Наука, 1980. 238 с.
11. *Галин Е. Н.* Радиотехнический комплекс автоматических станций «Луна-17» и «Луноход-1» (объект Е8 № 203, отчет предприятия п/я Г-4149). 1972. 248 с. http://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2019/04/1972_otchet_Luna-17_Lunokhod-1.pdf (Дата обращения: 12.03.2023).
12. *Вейнберг Т. И.* Каталог цветного стекла. М.: Машиностроение, 1967. 317 с.
13. *Базилевский А. Т., Маленков М. И., Волов В. А., Абдрахимова А. М., Козлова Н. А., Зубарев А. Э., Надеждина И. Е.* Оценка прочности лунного грунта по глубине колес луноходов // Астрономический вестник. 2021. Т. 55, № 4. С. 291–315.

Дата поступления рукописи
в редакцию 26.10.2023
Дата принятия рукописи
в печать 23.01.2024