

УДК 523.3-834

ЛУНА-5 (1965): НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НЕУДАЧНОЙ МИССИИ К ЛУНЕ

© 2018 г. Л. В. Ксанфомалити

Институт космических исследований РАН, г. Москва

leksanf@gmail.com

Поступила в редакцию 20.11.2017 г.

Луна-5 была вторым советским аппаратом, достигшим Луны. В первое десятилетие исследований Луны космическими средствами советская серия зондов *Луна* составляла основную часть научной программы СССР. В задачи аппарата *Луна-5*, отправленного к Луне в мае 1965 г., входили «мягкая посадка» на Луну, фотографирование и изучение её поверхности. Перед посадкой *Луны-5* советским обсерваториям была разослана телеграмма с предполагаемыми координатами посадки, для наблюдений. Но при посадке тормозной двигатель отказал, и 12.V.1965 г. в 22 ч 13 мин станция разбилась о поверхность Луны. Позднее сообщались предполагаемые новые координаты соударения.

Разумеется, все эксперименты были потеряны, тем не менее, некоторым своеобразным научным итогом миссии стали последовательные телевизионные снимки неудачного прилунения, выполненные в Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузии (АБАО). На снимках вблизи крупного кратера Лансберг был зарегистрирован изменяющийся объект, о котором специалистам почти ничего не сообщалось, по малопонятным соображениям секретности. Объект был отождествлен как постепенно расширяющееся ударное облачко. Анализ заново обработанных снимков, сделанных в АБАО, впервые указывает точные координаты соударения *Луны-5* (1.35° ю. ш., 25.48° з. д.), что значительно отличается от ранее опубликованных расчетных данных. Некоторые свойства реголита в точке соударения *Луны-5* сопоставляются с результатами миссии *LCROSS* (2010 г.), полученными у Южного полюса Луны.

DOI: 10.31857/S002342060000338-9

ВВЕДЕНИЕ

В связи с подготовкой новых российских экспедиций к Луне возобновился интерес к обширным результатам ранее выполненных лунных миссий. *Луна-25* должна стать первым отечественным аппаратом, направляемым к Луне после 1976 г. (*Луна-24*). Цель миссии — испытания новой технологии мягкой посадки в приполярной области Луны. Дополнительная задача — исследования свойств лунного реголита в приполярной области. Вместе с тем, недавно была выполнена миссия *LCROSS*, (2009 г., — *Lunar Crater Observation and Sensing Satellite*). Путем соударения аппарата с поверхностью Луны проведены специальные исследования района Южного полюса Луны, прежде всего исследования состава реголита и содержания в нём воды и других химических составляющих, важные для намечаемых новых миссий к Южному полюсу. Результаты миссии *LCROSS* интересно сопоставить с некоторыми итогами советских исследований Луны.

Первую мягкую посадку на Луну совершила *Луна-9*, 3.II.1966 г. Она впервые передала на Землю телевизионные изображения поверхности другого небесного тела. Но попытки доставить на Луну космический аппарат начались гораздо раньше, сразу после начала космических исследований. Советская автоматическая межпланетная станция *Луна-2* стала первым аппаратом, который достиг Луны. Произошло это 13.IX.1959 г. Затем последовала серия других аппаратов. В период 1964–65 гг. к Луне были также запущены аппараты *Ranger*. Вторым советским аппаратом, достигшим Луны, была *Луна-5*, запущенная 9.V.1965 г. В её задачи входили «мягкая посадка» на Луну, фотографирование и изучение её поверхности. Но при посадке тормозной двигатель отказал, и станция разбилась о поверхность Луны. Соударение с поверхностью Луны произошло 12.V.1965 г. в 22 ч 13 мин.

Масса аппарата *Луна-5* была 1600 кг, скорость перед соударением составляла 2.5 км/с. Таким образом, энергия при соударении составляла 5 ГДж.

Траектория сближения была наклонной, причем продукты соударения, облачко пыли и газа, охватили значительную площадь. Как показано ниже, соударение произошло вблизи крупного кратера Лансберг, со средним диаметром 38.75 км (по номенклатуре МАС), 0.31° ю.ш. 26.63° з.д., причем координаты точки соударения значительно отличаются от опубликованных ранее. Согласно Википедии, первоначальные координаты были 31° ю.ш. 8° з.д., а по более поздней оценке 8° с.ш. 23° з.д., вблизи кратера Коперник (ссылка на NASA Space Science Data Coordinated Archive). Уточненные координаты точки соударения, полученные в настоящей работе, приводятся ниже и отличаются от них на 300 км. Заметим, что в Поляриметрическом атласе (Джапиашвили и Король, [1]) координаты места падения *Луны-5* указаны как 26.1° W; 1.6° S. Они были основаны на предварительной обработке приводимых снимков.

При соударении все эксперименты были потеряны, тем не менее, некоторым своеобразным научным итогом миссии стали последовательные телевизионные снимки неудачного прилунения, выполненные в Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузии, о которых специалистам почти ничего не сообщалось. Вместе с тем, анализ снимков указывает на некоторые свойства реголита Луны в прилегающем с запада Морем Островов, а также впервые указывает точные координаты события в экваториальном районе Луны. Настоящая статья посвящена некоторым итогам давней миссии *Луны-5* в сопоставлении с данными *LCROSS*, полученными у Южного полюса Луны.

ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРИЛУНЕНИЯ АППАРАТА *ЛУНА-5*

Наряду с техническими проблемами, одной из причин повторных неудач после *Луны-2* была недостаточная точность знания траектории движения аппарата, уточнение которой в процессе полета к Луне достигалось с трудом. Были предложены различные методы, среди которых оптические астрономические наблюдения оставались главными. Согласно проекту И.С.Шкловского «Искусственная комета», перед критической точкой траектории, где проводилась коррекция орбиты, аппарат выбрасывал в космос облачко паров натрия, что создавало яркую вспышку под действием солнечной радиации и легко отождествлялось при наблюдениях наземными астрономическими средствами. Одновременно совершенствовались фотоэлектрические телевизионные приемники изображений (телевизионные суперорбитики). Широко применяемые ныне ПЗС – матрицы (приборы с зарядовой связью) тогда ещё не существовали, и трудно

разрешимая проблема низкого квантового выхода фотокатодов оставалась крайне актуальной. Был создан новый суперорбитикон (телевизионная «трубка») с дополнительной камерой усилителя изображения. Построенная на его основе специальная телевизионная установка уже не требовала использования искусственной кометы. Установка была размещена на юге, в Абастуманской астрофизической обсерватории Грузии, и предназначалась для работы с 70-см менисковым телескопом.

Вместе с тем, в Абастуманской обсерватории уже существовала сильная лаборатория прикладной электроники, где также была создана телевизионная установка с высоким стандартом разложения (1000 строк) для работы с длиннофокусным ($F = 680$ см) 40-см рефрактором. Установка стала использоваться для астрофизических наблюдений, начиная с 1964 г. В ней применялся нестандартный опытный суперорбитикон.

Успешное применение телевизионной установки состоялось 12.V.1965 г. Согласно полученной телеграмме, Центр управления полетами «лунников» просил Абастуманскую астрофизическую обсерваторию попытаться наблюдать прилунение аппарата *Луна-5*. Но координаты точки посадки были очень предварительными. Ниже рассматриваются итоги выполненных наблюдений, которые, из-за трудно объяснимого тогдашнего стремления к всеобъемлющей секретности, удалось опубликовать только однажды, причем в достаточно специальном издании [4]. Метеоусловия 12.V.1965 г. в Абастуманской обсерватории были неблагоприятными для астрономических наблюдений. Наряду с плотными облаками наблюдалась тонкая дымка, но всё же возможность телевизионных наблюдений сквозь тонкие облака сохранялась. В этом случае повышение контрастности позволяло получить более или менее удовлетворительные снимки, тогда как непосредственное фотографирование было затруднительно, так как требовало более значительных экспозиций, по сравнению с телевизионным кадром, а также рабочего времени на замену фотоматериала.

Телевизионные наблюдения позволяли практически моментально выполнить экспозицию даже при кратковременном, на секунды, улучшении видимости Луны между облаками. Для снимков были использованы именно эти короткие моменты. Применялось накопление по 4 кадра с экспозицией $1/25$ с. Приборы электронной памяти тогда также ещё не существовали. Изображение на мониторе фотографировалось кинокамерой. Приводимые ниже материалы переведены в цифровой формат.

Камера на опытном суперорбитиконе (на базе трубки ЛИ-17) была помещена в фокус рефрактора. Фаза Луны, около -20° , предшествовала

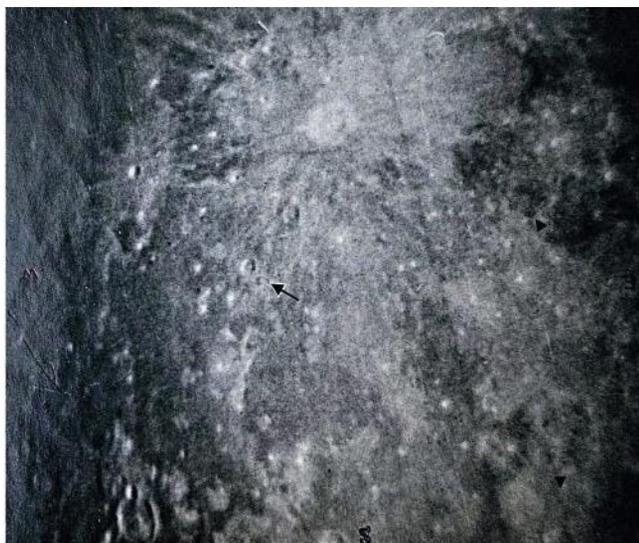


Рис. 1. Телевизионный снимок поверхности Луны, сделанный примерно через 70 с после момента соударения с ней зонда *Луна-5*. Фотографии сделаны с экрана монитора.

полнолунию на несколько дней (новолуние было 1.V, полнолуние 15.V.1965 г.) Размер изображения Луны в фокальной плоскости был $\alpha F = 3.5$ см, где α – угловой размер Луны (31 угл. мин).

Расчетная, средняя по изображению, освещенность на фотокатоде суперорбитона составляла 2 Лк, что обеспечивало достаточно хорошее отношение сигнал–шум, но дымка и тонкие облака портили изображение. Луна открылась в 22 ч 13 мин 00 с, как предполагалось, на 40 спозре расчетного момента прилунения. Удалось выполнить короткую серию снимков, лучший из которых представлен на рис. 1. Луну опять закрыли облака, но еще через 40 с она открылась снова. Затем дымка сгустилась, а Луна больше не открывалась. Изображение охватывало значительную её часть. Во время наблюдений никакие особенности никем замечены не были, несмотря на полдюжины наблюдателей у монитора. Но когда пленка была проявлена, на расстоянии 9° к югу от кратера Коперник был замечен новый объект, светлое пятнышко, указанное стрелкой на рис. 1. Объект отбрасывает глубокую тень слева. Он расположен у 39-километрового кратера Лансберг (0.3° с.ш. 26.6° з.д.). Как можно видеть на снимке, тени в кратерах (углублениях) находятся справа, но тень от указанного объекта расположена слева. Таким образом, объект представляет собой выступающее над поверхностью образование, на что и указывает его тень. На рис. 2 приведены два снимка той же области (примыкающей к Морю Островов), разделенные интервалом времени около 40 с, представляющие район большого кратера Коперник (светлый объект вверху), диаметром 96 км (9.37° с.ш. 20.05° з.д.). Масштаб деталей можно оценить из расстояния

между названными кратерами, 390 км. Стрелки указывают на упомянутое пятнышко. Размеры облачка и тени на снимке 2 почти вдвое больше, чем на снимке 1. Исходя из вида облачков и теней, лунных масштабов (506 м/угл. мин) и сравнения с остальными объектами, можно попытаться найти размеры и высоту самого облачка выброшенного материала и скорость его разлёта. Можно напомнить, что в эксперименте *LCROSS* аппарат прошел сквозь облачко и успел исследовать его состав. К сожалению, в случае *Луны-5* ударником служил сам аппарат, но динамику продуктов удара проследить можно.

ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЙОНА ПРИЛУНЕНИЯ ЛУНЫ-5

Рис. 3 иллюстрирует независимыми фотоснимками вид рельефа, где обнаружен объект, показанный в кадре 2. Вид поверхности в точке соударения показан фотографическими кадрами 1 и 3, сделанными при хороших атмосферных условиях, но в другое время, при противоположном освещении. На снимке 1 Солнце освещает поверхность Луны справа, как на телевизионном кадре 2, а на снимке 3 – слева. Оба снимка показывают, что выступающего объекта, как на снимке 2, у кратера Лансберг, по-видимому, нет. Интересно отметить, что на снимке 1, сделанном значительно позже снимка 2, при внимательном рассмотрении угадывается ударная кольцевая структура тех же размеров и на том же месте, что и объект на снимке 2. На более раннем снимке 3 кольцо в точке, указанной стрелкой, отсутствует. После обнаружения объекта было высказано предположение, что после соударения аппарата с Луной поднялось достаточно плотное облако пыли и газа, которое съемка застала примерно через 40 с после соударения. Предположение подтвердилось, когда была проявлена вторая пленка, где размер объекта увеличился почти вдвое. Интервал между снимками также был около 40 с.

В целях независимого анализа, в Пулковской обсерватории, в отделе Луны, Н.С. Орлова сопоставила имевшиеся до того снимки указанного района Луны и также не обнаружила на них необычных деталей. Проведенные наблюдения привлекли внимание не только Пулковской группы, но и других исследователей.

Возможность опубликования материала обсуждалась по академическим инстанциям, от Абастуманской обсерватории в Грузии до тогдашнего Астросовета (ныне – ИНАСАН). Но от опубликования руководство решило воздержаться, так как запуски зондов выполнялись в обстановке строгой секретности, а о неудачах обычно не сообщалось. Единственным исключением ста-



Рис. 2. Последовательные телевизионные снимки, полученные 12.V.1965 г. в 22 ч 13 мин 40 с (1) и около 22 ч 14 мин 20 с (2), во время прилунения зонда *Луна-5*. Стрелки указывают на расширяющееся яркое пятнышко с глубокой тенью слева от него, расположенное к юго-востоку от кратера Лансберг. Светлый кратер сверху — Коперник. Снимки сделаны при неблагоприятных метеоусловиях.

ла статья [4] в Трудах конференции «Электронно-лучевые и фотоэлектрические приборы», которая проходила под руководством МЭП СССР с участием самих разработчиков трубки.

АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ УДАРНОГО СОБЫТИЯ

Для анализа снимков удобно обратиться к рис. 4, где рассматриваемый объект представлен крупным планом вместе со шкалой расстояний. Детали выглядят размытыми, но позволяют получить необходимые данные. На кадре 1 представлен кратер Лансберг, фотография 1964 года из архива, фаза Луны здесь на 2 дня опережает фазу снимков 2—4. Кадр 2 представляет обработанный фрагмент рис. 1, кратер и облачко, отмеченное стрелкой, с тенью слева. Центр облачка — наиболее светлая его часть. Сверху и снизу оно окантовано намекающими светлыми дугами, возможно, также ударными продуктами выбросов.

Кратер Лансберг относится к мало разрушенным объектам, его вал на телевизионных кадрах 3 и 4 выделен белым кружком, соответствующим диаметру 37 км. Белые окружности внизу охватывают облачко с тенью и соответствуют рис. 3.2. На рис. 4.2 видно, что облачко и тень имеют

неправильную форму. Интересно установить высоту облачка. Для этого следует воспользоваться высотой Солнца над местным горизонтом, которую можно вычислить из момента наблюдения. С приемлимой точностью высоту Солнца в точке соударения можно также определить из положения тени на дне кратера Лансберг. В широкой части тень достигает центральной горки и составляет $\Delta d = 0.35$ диаметра кратера (глубина которого также известна, $h = 2.75$ км). Таким образом, высота Солнца над горизонтом составляет $\arctg(h/\Delta d) = 18-19^\circ$. Тень от центра светлого пятнышка тянется примерно на 12 км, как на кадре 2, так и на кадре 3. Если условно считать облачко усеченным параболоидом, его высота составляет $H = 3.7-3.9$ км, с точностью не лучше $\pm 20\%$. Высоту его на кадре 4 определить труднее, так как облачко стало размытым, причем длина тени не увеличилась. Размер облачка на кадрах 2, 3 составляет 18-20 км и на кадре 4 около 32 км.

Определить свойства продуктов удара можно двумя путями, используя геометрические характеристики, получаемые из снимков (рис. 4), с одной стороны, и теоретические оценки процесса образования лунных кратеров, с другой. Для этого, наряду со свойствами ударника и его кинетической энергией

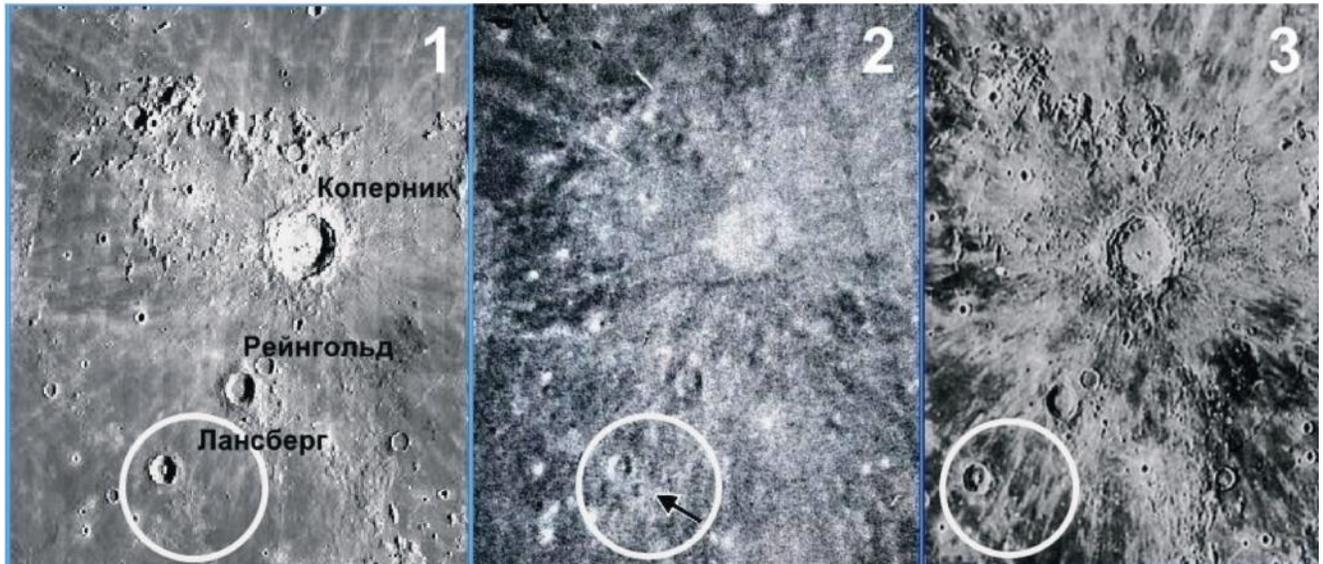


Рис. 3. Рельеф в районе кратеров Коперник – Лансберг. Снимки 1 и 3 – фотографические изображения района; 2 – телевизионное изображение поверхности Луны, полученное через 70 с после соударения *Луны-5* с поверхностью.

(5 ГДж), необходимо привлечь физические и геохимические свойства реголита Луны (минералогия, плотность, раздробленность, пористость и т.д.), которые подробно рассмотрены во многих работах (см. Космохимия Луны и Планет, 1975, ред. А.П. Виноградов, как и многочисленные работы последующих исследований Луны, например [11]). Были выполнены подробные исследования физических (фотометрических и поляриметрических) свойств лунного реголита [2, 3]. Типичная плотность лунного реголита с крупными включениями в рассматриваемом районе составляет до $1.9 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность легкой фракции может быть равной $(1.2–1.5) \cdot 10^3$ кг/м³. Основная масса частиц лунного реголита имеет размер 0.03–1 мм.

ОБЪЕМ, МАССА И СКОРОСТИ ВЫБРОСОВ

Точный расчет массы и свойств продуктов удара достаточно сложен [8]. Приводимые ниже теоретические оценки рассчитаны с помощью программы “Craters from Explosion or Impacts”, К.А. Holsapple, а фактические данные взяты из приводимых снимков. Программа “Craters from Explosion or Impacts” предложена Лунно-Планетным Институтом (Lunar and Planetary Institute, модель Lunar Cratering), www.lpi.usra.edu/lunar/tools/lunarcatercalc/. Плотность реголита принята $1.5 \cdot 10^3$ кг/м³, пористость 40%. Ударником считалось тело с массой 1600 кг, плотностью $2 \cdot 10^3$ кг/м³ и диаметром 1.15 м. Скорость ударника была 2500 м/с, кинетическая энергия 5 ГДж, движение под углом 45° к горизонту.

Согласно модели, объем выбросов составил 278 м³, их масса $m = 334 \cdot 10^3$ кг (что близко к результатам других, независимых расчетов). Распределение выброшенных частиц лунного реголита по скоростям дается в указанной выше модели. На интервал скоростей от 0.90 до 0.995 от V_{0y} приходится до 0.7854 от всей энергии выбросов E_j .

Фактическую скорость разлета выброшенного реголита V_0 легко найти по данным рис. 4. Из высоты облачка $H = 3.9$ км, найденной по длине тени, находится максимальная вертикальная составляющая $V_{0y} = (2 g_L H)^{1/2} = 112$ м/с.

Здесь g_L – ускорение свободного падения на Луне, $g_L = GM_L/R_L^2 = 1.62$ м/с², определяемое гравитационной постоянной G , массой M_L и радиусом Луны R_L . Из найденной V_{0y} сразу можно сделать вывод, что указанное выше опоздание съемки рис. 4.2 на 40 с, по сравнению с официальными данными о прилунении, неверно. Задержка, при $H = 3.9$ км, $\Delta t = 2H / V_{0y}$ составила 70 с. С другой стороны, если принять, что на 70-й с материал выбросов достиг кружка радиусом $r = 10$ км (рис. 4.3), максимальную скорость разлета основной части материала можно определить как $V_0 = (r g_L / \sin 2\alpha)^{1/2} = 127$ м/с, где α – угол выброса материала к горизонту. Однако, если $\alpha = 45^\circ$, $V_0 = 127$ м/с и максимальная вертикальная составляющая $V_{0y} = 110$ м/с, то горизонтальная составляющая скорости выбросов должна составлять $V_{0x} = (V_0^2 - V_{0y}^2)^{1/2} = 64$ м/с, что, как можно видеть, противоречит деталям снимка рис. 4.2, где горизонтальная составляющая скорости расширения облачка (10 км за 70 с), достигает 130 м/с. По-видимому, противоречие в V_{0x} объ-

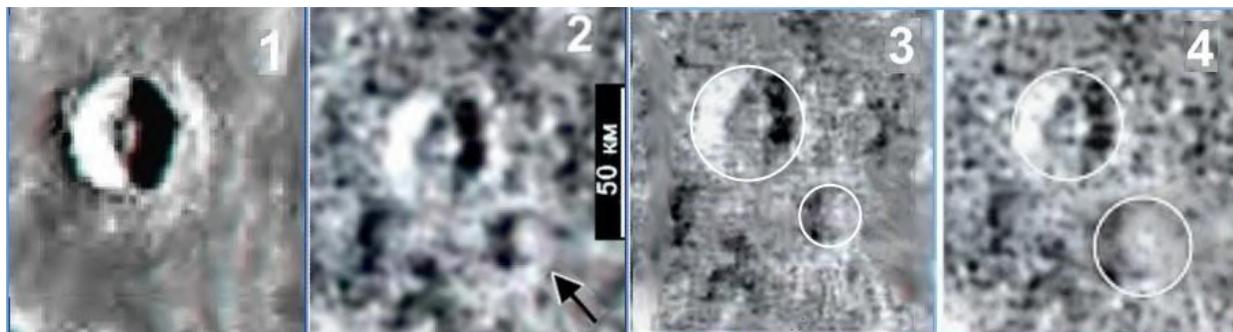


Рис. 4. 1 – кратер Лансберг, фотография 1964 года. Фаза Луны здесь на 2 дня опережает фазу кадра 2. На телевизионном кадре 2 рассматриваемый объект отмечен стрелкой и показана шкала расстояний. Контуры объектов на кадрах 3 и 4 (с пониженной контрастностью) выделены белыми окружностями.

ясняется тем, что аппарат, который приближался к поверхности со скоростью 2500 м/с, шел под большим углом к вертикали. Поэтому выбросы имели большую начальную горизонтальную составляющую. Расстояние выброса материала, на 130-й сек после удара, соответствует максимальной скорости разлета 123 м/с (рис. 4.4).

Приведенное выше для *Луны-5* значение выбросов $m \approx 334$ тонн близко к оценке 350 тонн, приводимой для миссии *LCROSS* [7]. Размеры ударного кратера авторы [10] оценивают в 25-30 м. Температура разогрева выбросов ΔT в случае *Луны-5*, конечно, неизвестна. В ударном событии в миссии *LCROSS* она достигала 820°C [6, 7], при исходной температуре (в районе южного полюса) на небольшой глубине 38 К [9]. Температуры выбросов у *Луны-5* и *LCROSS* заведомо несопоставимы из-за обилия конденсированных летучих у южного полюса [5]. В ударном событии в миссии *LCROSS* обнаружено высокое содержание воды в реголите, до 2.9% по массе [5], что значительно влияет на температуру выбросов. Теплоемкость лунного реголита, которая определяется его минеральным и химическим составом, рассчитывается как сумма удельных теплоемкостей каждого компонента и его массовой концентрации, причем теплоемкость реголита с повышением температуры растет. Для лунных образцов из морских районов получена удельная теплоемкость C_L от 275 до $850 \text{ Дж кг}^{-1} \text{ К}^{-1}$, т.е. до 20% теплоемкости воды при нормальных условиях.

Небезынтересно отметить, что при соударении массивного разгонного блока *Centaur* миссии *LCROSS* было проанализировано облако из 1330 кг выбросов газа и пыли. Аппарат *LCROSS* пролетел сквозь выброшенное облако и до последующего собственного соударения успел передать следующие итоги. Лед воды, с массовой долей в реголите 2.7-8.5 % присутствует в реголите южного полюса Луны. Температура пара в ударном облаке достигала 820°C . В поднявшемся облаке газа и пыли выявлено 570 кг монооксида углеро-

да, 140 кг молекулярного водорода, 160 кг кальция, 120 кг ртути и 40 кг магния. Обнаружены также следы натрия, аммиака, гидроксильных групп и серебра.

ВИД УДАРНЫХ ОБЛАЧКОВ *ЛУНЫ-5* И *LCROSS*

На рис. 5 ударные облачка *Луны-5* (1) и *LCROSS* (2) показаны в одинаковом масштабе при сравнимом после удара времени. Размеры их близки, около 20 км и одинакова их форма (направленная в противоположные стороны на рисунке). Согласно [7], высота облака 2 составила 1,6 км, вместо ожидавшихся 10 км. Но и в случае *Луны-5* высота облака уверенно оценивается в 3.7-3.9 км.

Как уже отмечалось, физические и геохимические свойства реголита в экваториальной части Океана Бурь и Южной полярной области заведомо различаются, как по генезису, так и по эволюции. Облако 1 заведомо должно содержать значительно меньше летучих, по сравнению с импактом в полярной области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: КООРДИНАТЫ ЖЕСТКОЙ ПОСАДКИ *ЛУНЫ-5* И ПОИСК УДАРНОГО КРАТЕРА

Основываясь на приведенных изображениях, можно указать координаты центра, соответствующие действительному положению удара *Луны-5* о поверхность Луны: 1.35° ю.ш., 25.48° з.д., что значительно отличается от ранее опубликованных расчетных данных. Сам район кратера Лансберг, если обратиться к истории исследований, плотно «заселен» и другими объектами земного происхождения. Через 2 года после зонда *Луна-5*, 17.IV.1967 г., примерно в 100 км к юго-востоку от кратера Лансберг в точке с ко-

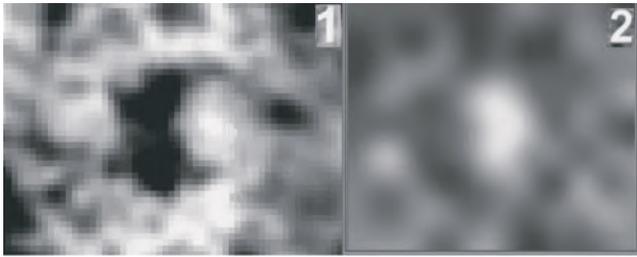


Рис. 5. Газо-пылевые ударные образования Луны-5 (1) и LCROSS (2). Изображение (1) искусственно размыто, чтобы его разрешение можно было сопоставить с кадром (2).

ординатами 2.94° ю. ш. 23.34° з. д. совершил посадку американский зонд *Surveyor-3*, а 24.XI.1969 г., приблизительно в 100 км к юго-востоку от того же кратера, в точке с координатами 3.01239° ю. ш. 23.42157° з. д., совершил посадку лунный модуль *Interpid* экспедиции *Apollo-12*. 14.IV.1970 г. в непосредственной близости от восточной части внешнего склона вала примыкающего кратера Лансберг-В в точке с координатами 2.55° ю. ш. 27.88° з. д. произошло падение третьей ступени ракеты *SATURN-V* экспедиции *Apollo-13*.

Независимо от полученных оценок, была сделана попытка обнаружить следы соударения Луны-5 на более поздних снимках, фотографиях. Объем выброшенного материала при плотности $\rho = 1.2$ тонн/м³ должен был составить 278 м³. Согласно модели Lunar Cratering, ударный кратер должен иметь диаметр вала 19 м, внутренней части 14 м и глубину 3.9 м. Следы не обнаружены. Разумеется, на приведенных снимках такие детали неразрешимы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джанишвили В.П., Король А.Н. Поляриметрический атлас Луны. Абастуманская астро-

физическая обсерватория АН Грузинской ССР. 1982.

2. Доллфус А., Боуэлл Е. Фотометрический и поляриметрический анализ образцов лунного грунта, доставленного советской автоматической станцией Луна-5 свойств лунного реголита / Лунный грунт из Моря Изобилия. М.: Наука, 1974. С. 512-516.

3. Доллфус А., Боуэлл Е. Фото-поляризационные исследования лунных образцов — отрицательная ветвь / Лунный грунт из Моря Изобилия. М.: Наука, 1974. С. 517-523.

4. Ксанфомалити Л.В. Роль телевидения при наблюдении прилунений космических объектов/ Электронно-лучевые и фотоэлектрические приборы. Т. 2 / Ред. Г.С. Вильдгрубе. М.: Министерство электронной промышленности СССР. 1966. С. 238-240.

5. Gladstone G.R., Hurley D.M., Retherford K.D. et al. LRO-LAMP Observations of the LCROSS Impact Plume // Science. 2010. V. 330. Issue 6003. P. 472-476.

6. Hayne P.O., Greenhagen B.T., Foote M.C. et al. Diviner Lunar Radiometer Observations of the LCROSS Impact // Science. 2010. V. 330. Issue 6003. P. 477-479.

7. Kerr R.A. How Wet the Moon? Just Damp Enough to Be Interesting // Science. 2010. V. 330. Issue 6003. P. 434.

8. Melosh H.J. Impact cratering. A geologic process. Oxford Univ. Press Oxford. 1989.

9. Paige D.A., Siegler M.A., Zhang J.A. et al. Diviner Lunar Radiometer Observations of Cold Traps in the Moon's South Polar Region. Science. 2010. V. 330. Issue 6003. P. 479-482.

10. Schultz P.H., Hermalyn B., Colaprete A. et al. The LCROSS Cratering Experiment // Science. 2010. V. 330. Issue 6003. P. 468-472.

11. Tompkins S., Pieters C.M. Mineralogy of the lunar crust: Results from Clementine//Meteoritics & Planetary Science. 1999. V. 34. P. 25-41.