

УДК 614.8

Открытие Н.А. Козыревым вулканизма на Луне

В.В. Прокофьева-Михайловская

НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория», Научный, АР Крым, Украина

Аннотация. Н.А. Козырев 3 ноября 1958 г. сфотографировал на кварцевом спектрографе 50-дюймового телескопа спектр газов, выходящих из центральной горки кратера Альфонс, расположенного на Луне. Это было открытие вулканизма, показывающее, что Луна еще живая.

DISCOVERY OF VOLCANISM ON THE MOON BY N.A. KOZYREV, *by V.V. Prokofjeva-Michailovskaya*. N.A. Kozyrev obtained the spectrum of gas outflowing from the central peak of the crater Alphonsus, located on the Moon, with the quartz spectrograph at the 50-inch telescope on November 3, 1958. It was the discovery of volcanism, indicating that the Moon is an alive body.

Ключевые слова: Луна, вулкан, спектрограмма

1 Введение

Луна сейчас находится в центре внимания мировой общественности. Целый ряд стран планируют развитие пилотируемых полетов к Луне, а также создание лунных баз. Такие проекты есть в США и в Китае. Глава Роскосмоса В. Поповкин заявил, что высадка российских космонавтов на Луну возможна в 2020 году. Обсуждается вопрос, является ли Луна активным телом или она мертва. Изучение морфологии поверхности Луны убедительно показывает, что рельеф Луны возникал постепенно в результате неоднократных поднятий и опусканий ее коры. Многие ученые придерживаются мнения, что лунные цирки и кратеры – результат действия вулканов. Но есть и другое мнение – кратеры возникли при бомбардировке Луны метеоритами. В этой дискуссии особое место занимает наблюдение Н.А. Козыревым спектров при выходе газов из горки кратера Альфонс.

2 Данные, которые позволили Н.А. Козыреву ожидать вулканизма на Луне

В конце XVIII века ученый мир был потрясен сообщением английского астронома В. Гершеля, утверждавшего, что он наблюдал извержение вулкана на Луне. Известный астроном академик Н.П. Барабашев писал, что «происхождение форм рельефа лунной поверхности можно хорошо объяснить только процессами, совершающимися в глубинных и поверхностных слоях Луны, в том числе и вулканическими...». Ученым несколько раз удавалось наблюдать на Луне изменения, которые свидетельствовали о том, что внутренние силы Луны еще не угасли окончательно. Приведем некоторые из них. При 200-кратном увеличении на темной части диска, в районе лунных Карпат, была замечена яркая вспышка 26 августа 1955 года. Ломберт наблюдал 8 сентября 1955 г. еще две вспышки в районе горы Тавра. Эти события и ряд других хорошо знал Н.А. Козырев.



Впервые объективную возможность появления дымки, вуалирующей детали дна кратера, получил астроном Д. Олтер в октябре 1956 г. на 60-дюймовом рефлекторе в Калифорнии. Он получил серию снимков кратеров Птолемей, Альфонс и Арзахель в голубых и инфракрасных лучах. Детали дна кратера Альфонс на них оказались особенно замытыми. Астрономы не раз замечали, что дно Альфонса иногда становится плохо различимым, как будто заволакивается туманом или какой-то пеленой. Но странный туман никогда долго не держался над кратером. Он появлялся всегда неожиданно и так же внезапно исчезал.

Рассмотрение опубликованных Д. Олтером фотографий убедило Н.А. Козырева в том, что на дне кратера Альфонс может происходить истечение газов. Если газы могут флюоресцировать под действием жесткой солнечной радиации, то для создания вуали будет достаточно столба газа, способного поглотить всю жесткую радиацию Солнца. Столб газа около 10^{-10} земной атмосферы уже создаст заметную флюоресценцию. Возникновение такого эффекта при истечении газов из кратера Луны представлялось вполне возможным.

3 Наблюдения Н.А. Козырева извержения на Луне в кратере Альфонс

Лунный кратер Альфонс имеет поперечник 135 км. Он расположен почти в центре лунного диска, образуя цепочку вместе с кратерами Арзахелем и Птолемеем. В центре Альфонса находится горка высотой около 1 км, а вокруг нее имеется целый ряд малых кратеров.

В октябре и ноябре 1958 г., совместно с астрономом из Харькова В.И. Езерским, Н.А. Козырев занимался спектральными исследованиями Марса на 50-дюймовом рефлекторе в КрАО АН СССР. Попутно он решил систематически получать фотометрически стандартизированные спектрограммы, в частности кратера Альфонс. На снимках спектров дисперсия составляла $23 \text{ \AA}/\text{мм}$ при масштабе деталей около $10''$ в 1 мм. Событие наблюдалось под утро 3 ноября. Результаты описаны в статьях (Козырев, 1958, 1959а, б, в, 1962а).

В своей статье в журнале «Природа» Н.А. Козырев пишет: «Утром 3 ноября были получены три спектрограммы кратера Альфонс, причем щель спектрографа пересекала этот кратер по диаметру, проходя через его центральный пик, как показано на рис. 1. При получении первой спектрограммы (в 4 ч по московскому времени) во время гидирования по изображению на щели меня удивила сильная размытость и необычный красноватый оттенок центрального пика... Пришлось перейти к спектрографированию Марса. Следующая спектрограмма Альфонса была получена от 6 ч 00 мин до 6 ч 30 мин. Как только центральный пик кратера

Альфонс оказался на щели, меня поразила его необычайная яркость и белизна. При гидировании я вдруг заметил, что яркость пика внезапно упала до обычной. Тогда экспозиция сразу же была прекращена и начата следующая с 6 ч 30 мин до 6 ч. 40 мин.... После проявления спектрограмм все замеченные глазом изменения оказались... реальными и действительно происходили в центральном пике Альфонса».

На первой спектрограмме центральный пик заметно ослаблен в фиолетовых лучах по сравнению с соседними деталями кратера. Чего не наблюдалось на обычных спектрограммах. Измерение этого снимка показало, что общее поглощение было равным 15–20 % в видимой части спектра. На второй спектрограмме это поглощение незаметно, и бросается в глаза эмиссионный газовый спектр, состоящий из ряда широких полос, наложенных на обычный спектр центрального пика (рис. 2а). Третья спектрограмма показала обычное состояние кратера (рис. 2б). Следующей ночью, с 3 на 4 ноября, удалось получить еще две спектрограммы Альфонса, но они показали, что состояние кратера продолжало оставаться нормальным. Вечером 4 ноября наступила последняя четверть Луны и Альфонс перестал быть доступным.



Рис. 1. Участок Луны, в центре – кратер Альфонс. Проходящая через изображение центрального пика белая черта показывает относительное положение щели спектрографа

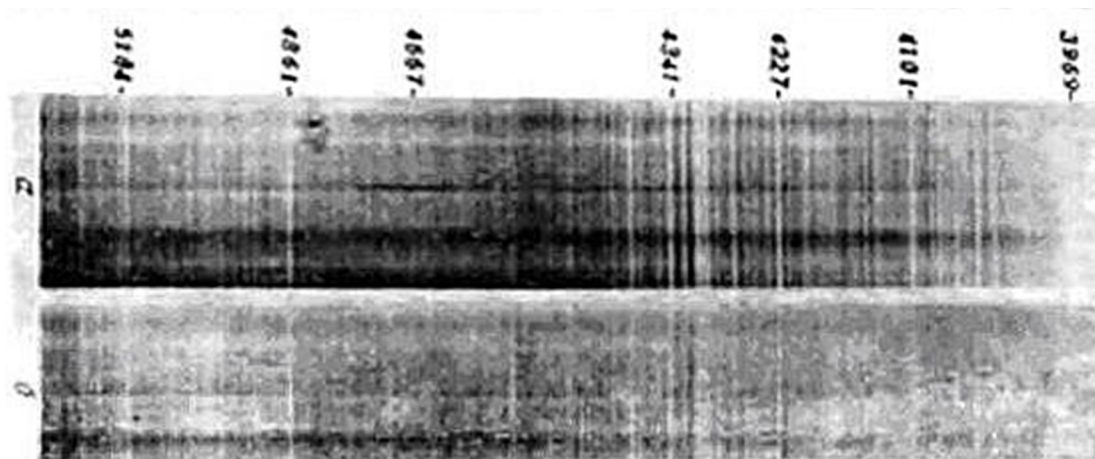


Рис. 2. Пленки спектрограмм кратера Альфонс: а) 3 ноября 1958 г. 6 ч 00 мин до 6 ч 30 мин. (верх), б) 3 ноября 1958 г. 6 ч 30 мин до 6 ч 40 мин. (низ). Время Московское

Верх каждой спектрограммы (рис. 2) соответствует верхнему краю белой черты рис. 1, низ – нижней. Спектральные линии расположены вертикально. Черного цвета – линии испускания (эмиссионные), белого – линии поглощения. Плотность почернения спектральной линии

Открытие Н.А. Козыревым вулканизма на Луне

соответствует разрезу рельефа вдоль белой черты рис. 1. Центральная черная полоса, проходящая слева направо через всю спектрограмму, соответствует центральному пику на рис. 1. Самой характерной особенностью эмиссионного спектра центрального пика Альфонс является группа полос, начинающаяся с 4754 Å и сравнительно резко очерченная со стороны длинных волн (рис. 2а). Яркость этих полос достигает 40 % от нормальной яркости пика в соответствующих длинах волн. На полученной спектрограмме отчетливо выступает эмиссионная полоса молекулы углерода с ядром у 4737 Å. Заметна также слабая эмиссия в районе длин волн 4330–4460 Å с максимумом около 4400 Å. Возможно, эта слабая эмиссия представляет систему полос D и E хлористой меди. Заметно, что эмиссия слегка сдвинута в сторону Солнца. Этот сдвиг, составляющий около 0".7, или около 1.5 км на лунной поверхности, объясняется тем, что жесткая радиация Солнца, возбуждающая свечение, могла проникнуть только в обращенные к Солнцу части газового столба. Облако вулканических газов сразу же попало под жесткое излучение Солнца. Оно-то и заставило молекулы углерода перестроиться в эти радикалы. За время извержения было выброшено около 10^8 м³ газа (в перерасчете на земное атмосферное давление).

Сделаем некоторые выводы. В яркую группу полос, которая начинается с 4754 Å и ослабляется к фиолетовой стороне спектра, входит полоса Свана молекулы углерода С₂. Максимум излучения на длине волны 4737 Å соответствует началу системы вибрационных полос этой молекулы. Существование С₂ подтверждается наличием других, значительно более слабых групп полос Свана с максимумами: 5165 и 5636 Å. Итак, ранним утром 3 ноября 1958 г. в центральном пике кратера Альфонс произошло исключительно интересное явление – вулканический процесс. Сначала была выброшена пыль – вулканический пепел, а затем выделились газы. Выход газов происходил из поднявшейся к поверхности магмы, которая должна содержать газы, адсорбированные в глубинах при высоком давлении.

При наблюдениях Н.А. Козырева присутствовал В.И. Проник. Он пишет в своих воспоминаниях: «Когда я спросил у Козырева как работает телескоп, Николай Александрович, узнав меня по голосу, радостно позвал меня: «Владимир Иванович, хотите посмотреть на извержение вулкана в лунном кратере?». Разглядывал кратер я недолго, потому что шла экспозиция, и надо было гидрировать. Впечатление было огромное. Николай Александрович не скрывал своей радости по этому поводу». Свидетельство В.И. Проника подтверждает состоявшиеся 3 ноября наблюдения Н.А. Козырева вулкана на Луне.

В момент наблюдений Н.А. Козырева Солнце для кратера Альфонс было близко к горизонту. Отражательная способность центрального пика кратера Альфонс при этой высоте Солнца уменьшается в десять раз по сравнению с отражающей способностью в полнолуние. Яркость дополнительного свечения газов составляла около десяти процентов от яркости пика. Такую слабую яркость было бы невозможно обнаружить около полнолуния. Поэтому Н.А. Козырев и провел наблюдения в конце первой четверти.

4 Международное признание вулканизма Луны

Международная академия астронавтики (МАА) на годичном собрании в Клоудкрофте в сентябре 1969 г. приняла решение о награждении проф. Н.А. Козырева именной золотой медалью с вкрапленными алмазами, изображающими ковш Большой Медведицы. Формулировка гласила: «За замечательные телескопические и спектральные наблюдения люминесцентных явлений на Луне, показывающие, что Луна все еще остается активной планетой». Академик Л.Н. Седов, вручая Н.А. Козыреву награду, сказал: «Такая медаль присуждена пока только двум советским гражданам – Ю.А. Гагарину и Вам».

В государственном реестре научных открытий СССР имеется открытие «Вулканическая деятельность на Луне». Формула открытия гласит: «Экспериментально установлено

неизвестное ранее явление вулканической деятельности на Луне, обнаруженное по выделению газов из ее недр». Автор: Н.А. Козырев. Номер и дата приоритета: № 76 от 3 ноября 1958 г. В описании открытия сказано: «В течение многих лет доктор физико-математических наук Николай Александрович Козырев вел в ГАО АН СССР в Пулковско исследования Луны. 3 ноября 1958 г. ему удалось открыть свечение газов, выходящих из недр этой планеты, что, по его мнению, свидетельствовало о вулканической деятельности на Луне...».

Диплом об открытии внутренней энергии Луны был выдан в СССР в 1968 г. В.С. Троицкому (Горьковский радиофизический институт). Было установлено повышение температуры по мере проникновения вглубь Луны. На глубине примерно 10 м температура была всегда постоянная около -20°C . В.С. Троицкий пришел к выводу, что лунные недра на глубине 60 км имеют температуру около 1000°C ! Таким образом, радиоастрономические наблюдения Луны позволили обнаружить огромный энергетический поток, непрерывно текущий наружу через лунную поверхность. Было показано, что Луна не мертва.

Полученные Н.А. Козыревым данные доказывали, что Луна является активным космическим телом и что рельеф Луны формируется за счет внутренней энергии Луны. Открытие Н.А. Козырева было подтверждено многочисленными визуальными наблюдениями астрономов (<http://foss-nauka.narod.ru/01/01-076.html>).

5 Наблюдательные факты, подтверждающие вулканизм Луны

Признание открытия Н.А. Козырева пришло далеко не сразу. Ученые США, Г. Юри и Д. Койпер, считали, что рельеф Луны образовался в результате соударений с метеоритами и планетезималиями. Однако известно, что Н.А. Козырев в интервью корреспонденту С. Гущеву сказал, что в 1960 г., приехав в Пулково, Койпер придирчиво изучил оригиналы спектров и... извинился. Койпер потом редактировал статью (Козырев, 1962б). В беседе с С. Гущевым Н.А. Козырев напомнил также, что 27 октября 1964 г. профессор Холл наблюдал «цветные красноватые пятна в основании центрального пика кратера Альфонс». Можно считать, что наблюдение Н.А. Козырева подтверждается сообщением английских наблюдателей П. Уилкинса и Ф. Бриюна о появлении 19 ноября 1958 г. красноватого пятна около центрального пика Альфонса.

Прямое подтверждение результатов Н.А. Козырева было получено французским астрофизиком А. Дольфюсом в конце 1992 г. Было обнаружено, что результаты трех последовательных наблюдений близ кратера Лангрэн 29, 30 декабря 1992 г. и 2 января 1993 г. отличаются друг от друга. К северу от центрального пика 30 декабря появилось вытянутое пятно повышенной яркости. Это свидетельствовало об активности Луны. Инфракрасные наблюдения, проведенные во время полных лунных затмений, выявили сотни необычно теплых пятен, совпадающих с яркими молодыми кратерами (<http://www.krugosvet.ru>).

М.Н. Наугольная (<http://www.astro.spbu.ru/ASTROCONF/planets.html>) по результатам исследований пяти лунных затмений на радиотелескопе РАТАН-600 на поверхности Луны исследовала мелко- и крупномасштабные неоднородности. В сентябре 1997 г. на волнах 1.4 и 2.7 см наблюдалось увеличение температуры 95-километрового лунного кратера Коперник. Это увеличение температуры имело природу, сходную с явлением, наблюдавшимся Н.А. Козыревым в ноябре 1958 г. в кратере Альфонс. В конце 1966 г. пулковский астроном Н.Н. Петрова была свидетелем нового всплеска лунной активности. В спектрах кратера Кеплер и Моря Ясности она заметила переменную зеленую полосу. Особенность открытия была в том, что такая же полоса наблюдается в спектрах земных вулканов.

Фотографии, полученные с космического аппарата НАСА Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO), показывают, что Луна является довольно активной. Первые космические свидетельства активности Луны появились в 2010 г., когда на Землю пришли фотографии высокого

Открытие Н.А. Козыревым вулканизма на Луне

разрешения с изображением рельефа, который называют лопастными уступами. Их длина варьируется от 10 метров до нескольких километров. Они образовались, когда поверхность Луны то охлаждалась, то нагревалась вследствие внутренних геологических процессов (<http://earth-chronicles.ru/news/2012-05-16-22766>).

Новые фотографии, сделанные орбитальным аппаратом НАСА, показывают, что на невидимой стороне Луны есть вулканы. Эти вулканы содержат редкие виды минералов – силикаты, в отличие от обычных базальтовых вулканов, замеченных на видимой стороне Луны. Результаты показывают, что на Луне происходит более сложная геологическая активность, чем предполагалось ранее (<http://drunov.ru/news/neobychnye-vulkany-na-lune>).

Анализ изображений космического зонда LRO выявил уникальную группу вулканов, покрывших поверхность спутника потоками кремниевой лавы. Группа вулканов 25–35 километров в поперечнике расположена между древними метеоритными кратерами Комптона и Белковича. Кратеры были обнаружены еще в 1998 г. гамма-спектрометром зонда Lunar Prospector. В этом месте камеры высокого разрешения LRO и обнаружили группу уникальных вулканов, которые отличаются молодым возрастом (около 800 млн лет).

Недавно ученые обнаружили следы вулканической активности в лунном кратере Тихо. В двух местах этого кратера они заметили два небольших выброса лавы (<http://www.mk.ru/science/article/2012/04/17/693958-na-lune-zafiksirovana-vulkanicheskaya-aktivnost.html>). Другие ученые полагают, что на Луне встречаются лишь отдельные очаги расплавленной магмы. Так или иначе, но обнаруженный поток внутренней лунной теплоты не уступает земному. Очевидно, он образуется вследствие распада естественных радиоактивных элементов, т. е. таким же путем, как и в недрах нашей планеты.

Американские ученые изучали Луну во время полных лунных затмений и получили ее изображение в инфракрасном диапазоне. Это позволило им обнаружить на лунной поверхности около 400 горячих пятен. Большинство их расположено внутри молодых кратеров и кратеров, являющихся центрами лучевых систем.

Наблюдения кратковременных явлений на Луне подробно рассмотрены и собраны в каталогах П.В. Флоренского и В.М. Чернова (СССР) и Б. Миддлхерст (США) (<http://www.walkinspace.ru/publ/23-1-0-755>). По числу повторяемости явлений выделяются особо активные объекты. Например, по данным Б. Миддлхерст в кратере Аристарх оптические явления зарегистрированы 112 раз. Явления в кратерах Альфонс и Тихо замечены 13 раз. Места кратковременных событий расположены чаще всего по периферии морей или вдоль складок и валов на морской поверхности. Средняя продолжительность явлений 15 минут. Оказалось, что около четверти всех случаев приходится на трехдневный интервал около перигея Луны. Другой пик частоты событий приходится на период вблизи лунного апогея. Напомним, что расстояние от Луны до Земли составляет в перигее 405696 км, а в апогее 363104 км. То есть гравитационное взаимодействие Луны и Земли меняется при движении Луны по орбите (<http://selena-luna.ru>).

6 Наблюдения Н.А. Козыревым земных вулканов

Н.А. Козырев много лет посвятил спектральным и другим исследованиям земных вулканов, чтобы обосновать связь земной и лунной вулканической деятельности (Козырев, 1966, 1971). В 1962 г. он получил спектры лавового озера в кратере вулкана Плоский Толбачек на Камчатке. Были получены также спектры дымов и газов ряда других вулканов. Н.А. Козырев показал, что полосы Свана молекулы C_2 отсутствуют в спектрах земных вулканов. Он сделал вывод, что присутствие молекул C_2 и отсутствие натрия в вулканических газах являются характерной особенностью Луны, где молекулярный углерод возбуждается солнечным излучением.

Н.А. Козырев делает вывод о связи вулканической деятельности Луны и Земли, так как они представляют двойную планету.

На сходство лунного ландшафта и земного указывал еще петербургский ученый Эпинус в 1781 г. Он считал, что отличием Луны является кольцевая форма лунных гор. Сопоставление их с вулканами Земли убедило Эпинуса в сходстве земных и лунных образований.

7 Заключение

Николай Александрович Козырев родился в Петербурге 20 августа 1908 г., окончил Ленинградский государственный университет (ЛГУ) в 1928 г. Три года был аспирантом Пулковской обсерватории, а с 1931 г. зачислен сотрудником этой обсерватории. С 7 ноября 1936 г. по 14 декабря 1946 г. он был репрессирован. Там подготовил докторскую диссертацию на тему «Источники звездной энергии и теория внутреннего строения звезд». Защита состоялась 10 марта 1947 г. в Ученом совете математико-механического факультета ЛГУ.

Именем Козырева названа малая планета (2536 Kozurev), открытая Г.Н. Неуйминым в 1939 г., а также кратер на Луне. Имя Козырева осталось в теории о лучевом равновесии фотосфер звезд: теория Козырева-Чандрасекара. Его достижения в астрофизике активно обсуждаются. В 2011 г. в Историко-Астрономических Исследованиях (Выпуск 36) вышла статья Ю.Н. Ефремова о Н.А. Козыреве. В 1991 г. вышла книга Н.А. Козырева «Избранные труды» (Козырев, 1991).

Литература

- Козырев Н.А. // Астрон. циркуляр. 1958. № 197. С. 4.
Козырев Н.А. // Природа. 1959а. № 3. С. 84.
Козырев Н.А. // Знание – сила. 1959б. № 3. С. 18.
Козырев (Kozurev N.A.) // Sky and Telescope. 1959в. Vol. 18. No. 4. P. 184.
Козырев Н.А. // Вопросы вулканизма. Ереван. М.: Изд-во АН СССР. 1962а. С. 72.
Козырев (Kozurev N.A.) // Physics and Astronomy of the Moon / Ed. by Z. Kopal. N. Y.; L. 1962б. Chapter 9. P. 361.
Козырев Н.А. // Изв. Главн. астрон. обсерв. в Пулкове. 1966. Т. 24. Вып. 4. № 180. С. 76.
Козырев Н.А. // Изв. Главн. астрон. обсерв. в Пулкове. 1971. № 186. С. 81.
Козырев Н.А. // Избранные труды. Л.: Изд-во Ленинградского университета. 1991. С. 447.