

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

КНИГА 9

**А. ВЕГЕНЕР**

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ  
ЛУНЫ И ЕЕ КРАТЕРОВ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА ~ ПЕТРОГРАД**

4923

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Под общей редакцией А. Д. Архангельского, В. А. Костицына, Н. К. Кольцова, П. П. Лазарева и Л. А. Тарасевича.

КНИГА 9

АЛЬФРЕД ВЕГЕНЕР

ПРОИСХОЖДЕНИЕ  
ЛУНЫ и ЕЕ КРАТЕРОВ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

АЛЬФРЕД ВЕГЕНЕР

ПРОИСХОЖДЕНИЕ  
ЛУНЫ и ЕЕ КРАТЕРОВ

ПЕРЕВОД И. Б. РУМЕРА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

А. Д. АРХАНГЕЛЬСКОГО  
и В. А. КОСТИЦЫНА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА 1923 ПЕТРОГРАД

## 1. ВВЕДЕНИЕ.

По вопросу о происхождении лунных кратеров в специальной литературе наблюдается резкое расхождение взглядов. Существует целых четыре различных гипотезы: гипотеза пузырей, гипотеза приливов и отливов, вулканическая гипотеза, гипотеза падения и кроме того несколько комбинаций вулканической гипотезы с остальными. Каждая из этих гипотез уже много лет защищается на ряду с другими, но до сих пор не удалось прийти к какому-нибудь общепризнанному решению вопроса.

Вряд ли, однако, вопрос этот является неразрешимым. Если мы знаем формы лунных морей, кратерных морей, цирков, кратеров с центральной горкой и без нее, кратерных рядов, борозд, долин, трещин, систем лучей и т. д. с такой степенью точности, при которой их закономерность уже затушевывается случайными неправильностями, то должна быть возможность прийти к объективному решению хотя бы того, какая из гипотез является наиболее вероятной. А эта степень точности уже давно достигнута благодаря удивительно ясным очертаниям теней на лишенной атмосферы луне. При благоприятных условиях даже предметы с диаметром не больше, чем в 50 метров, еще могут быть различены нами в виде маленьких точек. При дальнейшем усовершенствовании оптических методов мы, конечно, открыли бы еще целое множество мелких форм, но для познания характерных больших форм, которые нас интересуют, это почти ничего не дало бы, потому что, вероятно, привело бы только к более резкому обнаружению случайных неправильностей. Как показывают работы Эберта, Майнка, Франца и др., эти большие формы видимой для нас половины луны известны нам гораздо лучше, чем формы нашей земли, а после работ Ландерера

над углом поляризации лунных пород, наглядно подкрепленных показательным опытом Эберта с куском стекла, мы имеем также возможность судить о природе пород, составляющих лунную кору и служащих материалом для этих форм.

В дальнейшем я ставлю себе целью подвергнуть разбору четыре названные гипотезы на основании критериев, заимствованных из геофизики, при чем решающую роль будут играть систематические опыты с кратерами падения, произведенные автором зимою 1918/19 г.г. Для ориентировки читателя замечу заранее, что гипотеза пузырей и гипотеза приливов и отливов окажутся явно ошибочными, несостоятельной окажется и вулканическая гипотеза. Наоборот, в пользу гипотезы падения можно собрать подавляющее количество материала.

## 2. Критика гипотезы пузырей.

Гипотезу пузырей защищал в последнее время Ф. Сакко.<sup>1)</sup> В качестве более ранних сторонников этой гипотезы он приводит Секки, Р. Хука, Ж. Бержерона, А. Сен-Клэра, Гёмфрейс (Humphreys) и Пюизё. Можно еще назвать Пауля Лемана, Г. Дамера и др. В подробностях взгляды этих авторов порой расходятся, но у всех в основе лежит та общая мысль, что кольцевые горы являются следами лопнувших пузырей в огненной вязкой магме. Р. Хук, Пулэт Скроп, Бержерон, Стюарт Гаррисон, Де-Бомон, Горини Сэн-Менье, Ф. Сакко, Г. Дамер и др. пытались развить и подкрепить этот взгляд посредством опытов. Названные ученые брали различные тестообразные вещества в роде гипса, извести, серы, воска, глины, охлаждали их и сквозь затвердевающую массу пускали кверху пузыри. Пузыри производились иногда введением воздуха, но чаще всего путем нагревания тестообразной массы до кипения. При предпринятой мною проверке этих опытов оказалось, впрочем, — как это подтверждается и фотсграфиями, опубликованными Дамером<sup>2)</sup>, —

<sup>1)</sup> F. Sacco, статья «Selenologie» в Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. 9, S. 7. Jena 1913.

<sup>2)</sup> G. Damer. Die Gebilde der Mondoberfläche. Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Paläont. 1911, I, S. 89—113. Ср. там же 1912, II, S. 42—44.

что сходство получающихся при этом маленьких кольцеобразных валов с цирками луны довольно поверхностное и не распространяется на установленные Эбертом характерные числовые отношения кратерных профилей.

Легко показать, что эта гипотеза пузырей основана на ошибочном умозаключении. Но тут нам придется начать несколько издалека. При переносе результатов опыта в область космических размеров, мы должны считаться с тем, имеем ли мы дело с молекулярными силами или с силами взаимодействия масс. Дело в том, что, при таком переходе, отношения между ними обращаются. В лаборатории мы в громадном большинстве случаев, — если не считать силы тяжести, являющейся большей частью лишь помехой, — работаем с молекулярными силами. Чтобы обнаружить силу тяжести, хотя бы только качественно, мы уже должны применять очень чувствительные приборы. Совсем не то во вселенной: ведь когда тело вырастает до размеров мирового, возрастают только силы взаимодействия масс, но не молекулярные. Поэтому в астрономии молекулярные силы магнетизма, электричества, сцепления и т. д. до такой степени отступают на задний план перед силой тяготения, что, до введения спектрального анализа, физика космоса в сущности исчерпывалась одним ньютоновым законом тяготения. Приведу для пояснения следующий пример. Кварц, как известно, кристаллизуется в шестигранных призмах. Формующим фактором являются молекулярные силы, при чем собственная тяжесть кристалла не нарушает сколько-нибудь заметным образом процесс его роста. Но если мы вообразим себе кварцевый кристалл величиною с землю предоставленным самому себе в пространстве, то вследствие большого отклонения от шарообразной формы собственная тяжесть вызовет в различных частях кристалла такие резкие различия в давлении и такие напряжения, которых он не выдержит: кристалл лопнет, его выступающие части соскользнут по косым плоскостям в те места, которые ближе к центру, или выравняются как-нибудь иначе, благодаря непрерывному течению частиц, и все тело в целом само собою преобразуется в шар. Шарообразная форма небесных тел и означает как раз победу сил взаимодействия масс над молекулярными. Метеориты и даже наиболее мелкие спутники планет и астероиды доста-

точно малы, чтобы противостоять этому нивелирующему действию тяготения. Но уже луна и земля оказались побежденными ею, и только горы свидетельствуют о том, до какого предела здесь еще могут отстоять себя молекулярные силы. Что лунные горы круче и выше, чем земные <sup>1)</sup>, это зависит, вероятно, не только от отсутствия размывающего влияния воды, но и прежде всего от того, что величина силы тяжести на луне составляет лишь одну шестую земной величины ее <sup>2)</sup>.

Из этих соображений вытекает, что мы имеем право переносить во вселенную результаты только таких лабораторных опытов, которые основаны на силах взаимодействия масс, а не на молекулярных. Но образование пузырей основано исключительно на молекулярной силе поверхностного натяжения. В зависимости от размеров последней можно получить пузыри различной величины, но эта величина никогда не перейдет известных пределов. И на луне не может и не могло существовать пузырей большей величины. Достаточно высказать одну эту мысль, чтобы раз навсегда вырвать почву из-под ног гипотезы пузырей в вопросе о происхождении лунных кратеров. Кто гигантские образования на луне диаметром в несколько сот километров считает лопнувшими пузырями, тот делает такую же чудовищную ошибку, как тот, кто хотел бы объяснить плавание океанского парохода поверхностным натяжением воды аналогично плаванию маленьких водяных клопов или иголки.

<sup>1)</sup> Среди произведенных Медлером 1.095 измерений высот оказалось: 6 вершин высотой от 6.000 до 7.000 м., 21 вершина высотой от 5.000 до 6.000 м. и 82 вершины высотой от 4.000 до 5.000 м. над уровнем окрестности.

<sup>2)</sup> Интересно, что Gruithuisen, наряду с некоторыми несообразностями, вполне ясно высказал и изложенную выше мысль в своих *Apalekten für Erd- und Himmels-Kunde* (Bd. 2, . 48, München 1828): «Мы имеем здесь дело с совершенно твердыми массами; однако действие силы тяжести преодолевает их твердость тем скорее, чем больше та масса, которая стремится проникнуть в тело луны, так что в целом сила сцепления обратно пропорциональна массе чуждого мирового тела; выражаясь обратно, массы чуждых мировых тел тем больше приближаются по своей консистенции к тесту или мягкой глине, чем они больше. Поэтому даже и в том случае, если бы луна всегда была столь же твердой, как теперь, она все-таки могла получить свою почти совершенную шарообразную форму»

### 3. Критика гипотезы приливов.

В защиту гипотезы приливов выступали, между прочим, Фай, Эберт, Ганнэш; Шейнер также назвал ее наиболее вероятной в своей «Популярной Астрофизике» (стр. 264, Лейпциг и Берлин, 1908 г.). Эберт формулирует ее следующим образом <sup>1)</sup>.

«Представим себе огненножидкое мировое тело, которое охлаждается благодаря всестороннему излучению. На его поверхности постепенно образуются тогда твердые застывшие глыбы, плавающие в еще жидкой магме. На луне к этому еще присоединилось притяжение земли, вызывавшее в жидких составных частях сильные приливные волны; при наличии последних, вследствие вращения луны жидкая магма в каждой части ее поверхности попеременно поднималась и опускалась; при каждом приливе она поднималась над твердыми глыбами, затопляя их, и затем возвращалась обратно во время отлива. При следующем приливе тот же комплекс явлений начинался снова».

Эберт показал при помощи интересного опыта, посвященного заодно и вопросу о происхождении грязевых вулканов, что при таком периодическом подъеме расплавленной массы в отверстиях поверхностной корки действительно образуются круглые кратерные формы, похожие с виду на лунные кратеры. Он воспользовался сплавом Вуда (точка плавления 68°), который снизу поддерживался в жидком состоянии при помощи горячих водяных паров, а на поверхности отвердевал в открытом сосуде. Высоту жидкости можно было периодически изменять при помощи насоса. Дно получающихся кратеров было, вообще говоря, ниже, чем уровень окружающего пространства; в некоторых случаях—соответствующих заполненному лунному кратеру Варгентину, отвердевание наступало как раз в момент наибольшего поднятия расплавленной массы. Внутренний склон кольцеобразного вала имел в среднем 34°, внешний—5°. О происхождении центральной горы, которая, правда, появляется не

<sup>1)</sup> H. Ebert. Ein Vorlesungsversuch aus dem Gebiete der physikalischen Geographie (Bildung der Schlammvulkane und der Mondringgebirge), Ann. d. phys. u. Chem. N. F. 41 (277), 351—363 1890)

всегда, а лишь как одна из нескольких возможных деформаций дна кратера, Эберт говорит: «Когда все дно углубления застыло, и только в середине остается еще свободный канал, магма выступает через него наверх в виде маленького центрального конуса, то более крутого, то более отлогого, но никогда не достигающего высоты краев». Во всяком случае, опыты показывают, что, при периодических поднятиях и опусканиях магмы в отверстиях, даже и не бывших круглыми вначале, получают образования, имеющие много общего с лунными кратерами.

И все-таки нельзя удержать это представление о приливах и отливах жидкой магмы, которые дают о себе знать периодическим изменением ее высоты в отверстиях поверхностной застывшей каменной оболочки. Ибо в таком случае мы имели бы дело с совершенно твердой корой, которая сохраняет свою форму вопреки приливам и отливам находящейся под ней жидкой массы. А это невозможно. Для земли плавание твердой коры в подстилающей ее массе или изостазия — явление давно известное. Если, напр., на кору давит своей тяжестью материковый лед, то она опускается, хотя и с известным замедлением, ровно настолько, сколько нужно для восстановления равновесия давлений или изостазии, — подобно тому, как опускается ледяной покров на воде, когда на него давит какая-нибудь тяжесть. После стаяния ледникового покрова образовавшиеся во время депрессии береговые террасы приподымаются снова; сейчас, напр., в Канаде и Скандинавии они свидетельствуют о том, что эти области были прежде опущены на 500 или 200 м. И для луны мы должны предположить, что ее кора плавает на находящейся под ней массе или, во всяком случае, плавала на ней тогда, когда эта последняя еще была жидкой. Опыт Эберта удастся только для сосудов, к стенкам которых поверхностная кора пристаёт, но уже для озера диаметром в 500 м. он дал бы отрицательные результаты. Отсюда следует само собой, что и лунная кора должна была полностью повторять все колебания, связанные с приливами и отливами находящейся под ней жидкой массы. Приведенное выше предположение Эберта столь же невозможно, как если бы мы предположили, что в Северном Ледовитом Океане можно наблюдать приливы и отливы с плавучей льдины.

Тем не менее делались различные попытки использовать опыт Эберта для объяснения лунных кратеров. Предполагалось, что поднятие и опускание магмы в отверстиях вызывается другими причинами, напр., повторными извержениями газов или другими вулканическими явлениями. Объяснение становится, таким образом, чисто вулканическим; мы вернемся к нему в следующей главе.

#### 4. Критика вулканической гипотезы.

Несколько более подробной критики, чем обе рассмотренные гипотезы, требует гипотеза вулканическая, которую отстаивают многие геологи, как-то: Александр Гумбольдт, Леопольд фон Бух, Дэна, Эдуард Зюсс, Бранка, Г. Чермак, С. Гюнтер, Штюбель, фон Вольф, а также многие астрономы, напр.: Медлер, Шрэттер, Насмит и Карпенгер, Пикеринг и др. По этой гипотезе лунные кратеры суть вулканы; кратеры с центральной горой соответствуют форме Везувия, у которого более молодой центральный конус окружен более старым — Монте-Сомма. Плоские кольцеобразные равнины сопоставляются большей частью с лавовыми озерами, напр., вулкана Килауэа, или с кратерными озерами Италии, или с маарами Эйфеля. Лунные моря фон Вольф сравнивает с массовыми или трещинными извержениями на земле, в роде исландских: «дно лунных морей является, таким образом, порождением массовых или линейных извержений, затопивших и прикрывших существующий рельеф»<sup>1)</sup>, при чем, однако, остаются необъясненными большие горные цепи, местами окаймляющие моря. Наоборот, Э. Зюсс при своем объяснении лунной поверхности вулканическими процессами отправляется от морей и приходит, таким образом, и для лунных кратеров в собственном смысле слова к такому объяснению, которое весьма удаляет их от земных вулканов. Он описывает развитие лунной поверхности следующими словами<sup>2)</sup>:

<sup>1)</sup> v. Wolff. Der Vulkanismus, I. Stuttgart, 1914.

<sup>2)</sup> E. Suess. Einige Bemerkungen über den Mond. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien (1) 104, 21—54 (1895). Ср. там же (1) 116 3155—1361 (1907), а также Antlitz der Erde III (2), S. 62

...«Температура большой массы отнюдь не является вполне равномерной. В одном каком-нибудь месте она поднимается, разъедает шлаковую оболочку, и отсюда новая переплавка равномерно распространяется по всем направлениям, на сотни километров. Очаг плавления имеет форму шарового отрезка; его контур представляет собою круг. Но вот процесс приближается к своему концу; температура поверхности у краев очага ниже, нежели в средних его частях; шлаки уже не расплавляются целиком, а выбрасываются наружу, подобно морене. На этом весь процесс останавливается. В результате остается большая плоская равнина, кругообразно окаймленная образованием с самыми дикими контурами, — шлаковым валом, который иногда возвышается над вновь застывающей поверхностью на много тысяч футов. Таковы, напр., громадные шлаковые валы, которые, под названием Апеннин, Альп и т. д., окружают Mare Imbrium». Зюсс хотел бы, как упомянуто, объяснить таким же образом кратерные моря и более крупные цирки, но наталкивается при этом на такие затруднения, что для более мелких форм он все-таки вынужден отказаться от этого и обратиться к обыкновенной вулканической гипотезе. Против его объяснения лунных морей, как бы ни было наглядно данное им описание, можно возразить, что большие базальтовые потоки на земле никогда не гнали перед собой в виде морены и не отлагали на краях таких шлаковых валов, и что, кроме того, весь этот процесс очень трудно себе представить, потому что необходимый для отложения морен фактор таяния здесь совершенно отсутствует.

Замечу тут же, что как раз вулканическая гипотеза допускает многочисленные модификации, которые и были предложены. Вышеупомянутые опыты Эберта также дали повод к такой модификации. Но как только мы удаляемся от сравнения с типичными земными вулканическими формами, мы вступаем в безбрежную область чистого умозрения, которого нельзя ни доказать, ни опровергнуть, потому что у нас нет опытных данных о предполагаемых процессах. Мы считаем себя поэтому вправе в настоящей статье не считаться с подобными теориями, потому что, как я покажу, в гипотезе падения мы имеем вполне удовлетворительное объяснение, аргументы которого могут быть проверены опы-

том. Мы ограничимся здесь поэтому сравнением лунных кратеров с типичными земными вулканами.

Уже одно более близкое сравнение форм заставляет сильнее-шим образом усомниться в вулканической гипотезе. Сход-

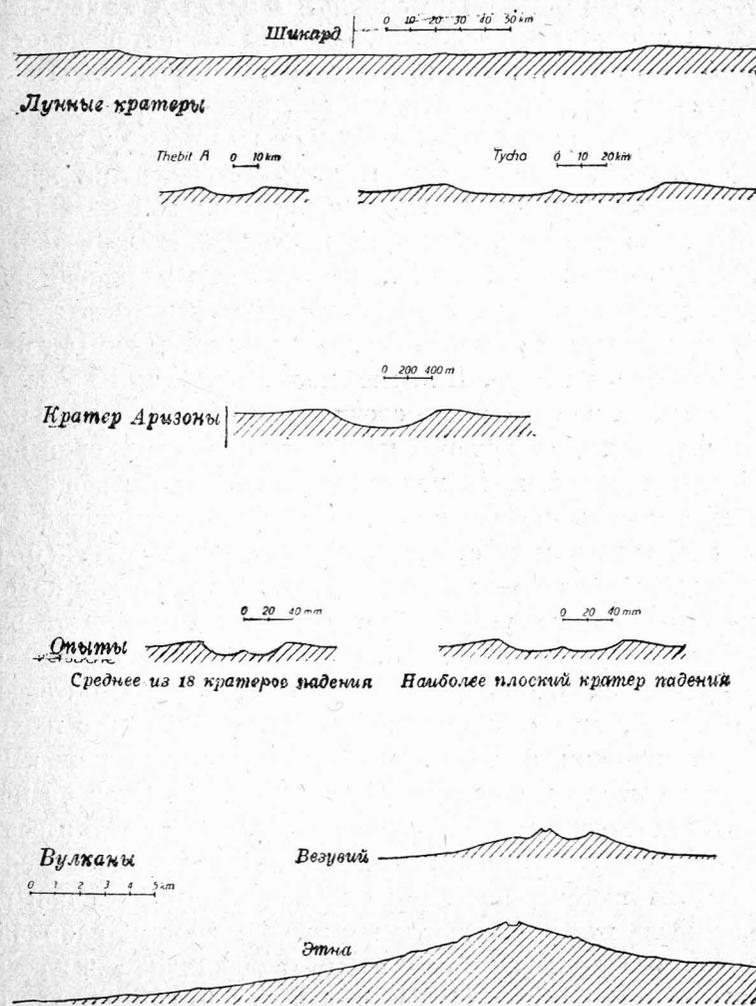


Рис. 1. Профили некоторых кратеров.

ство форм — совершенно поверхностное. Нормальный тип земного вулкана, а для нас важен именно он, а не редкие исключения, представляет собою крутую коническую гору с небольшим кратерным отверстием наверху; дно кратера

всегда находится на большой высоте над уровнем прилегающей местности. Можно указать, напр., на поучительный подбор данных у И. Шмидта (Der Mond, стр. 103, Лейпциг, 1856) или у фон Воляфа (Der Vulkanismus, I, стр. 450, Штуттгарт, 1914). Для Этны, напр., Шмидт дает следующие цифры: высота над уровнем моря—3274 м., кратерное отверстие—485 м. и кратерная глубина—105 м. Это наиболее частая форма. На ряду с ней встречается, правда, еще множество других форм, получивших название щитовидных вулканов, кальдер, валобразных гор и т. д. и временами дающих больше опорных пунктов для сравнения с лунными кратерами. Но как раз наиболее подходящие для сравнения плоские формы, как, напр., маары Эйфеля и кратерные озера Италии, являются продуктом длительного выветривания и размывания—процессов, которых мы не имеем права предполагать на луне. На луне нормальный тип кратерных образований, в особенности свежих, представляет собою плоскую тарелку, дно которой на километр ниже уровня окружающей местности. В целом лунный кратер вообще вовсе не может быть назван горой, потому что, как впервые показал Шрэттер и в существенном подтвердил Г. Эберт, вал имеет не большую высоту, чем какая нужна для компенсации кратерного углубления: если бы его можно было насыпать в отверстие кратера, он как раз заполнил бы его. Эти различия, очень интересные сами по себе, интересны еще и тем, что они решительно несовместимы с нашими представлениями о природе и деятельности вулканов. Ибо на земле места извержения вулканических очагов по необходимости должны представлять горы, потому что здесь из глубины прибывает новый материал, который и отлагается—в форме ли вытекающей лавы или пенистой пемзы, или расплывленного вулканического пепла. Только в единичных случаях особенно сильный взрыв в состоянии выбросить более ранние отложения и рассеять их так далеко, что сам вулкан, до возобновления его нормальной деятельности, будет представлять собою углубление, дыру. Типичная форма лунных кратеров тотчас же вынуждает нас сделать добавочную гипотезу о том, что нормальная деятельность вулканов на луне имела другой характер, чем на земле. Но с этим допущением мы теряем под ногами твердую почву наблюдения.

Трудности еще умножатся, если мы обратим внимание на центральную горку. И среди земных вулканов некоторые, напр., Везувий, имеют таковую. Она свидетельствует о возобновлении деятельности вулкана и о том, что он вновь начал расти, после того как долгие годы бездействия сильно размыли и расширили прежний кратер. Поэтому центральная горка образует высшую точку всего вулкана; на ее вершине находится действующий кратер, по величине и форме равный обыкновенным кратерам нормальных вулканов. На луне сравнительно гораздо более частые центральные горки расположены на плоской равнине опустившегося кратерного дна, простирающейся часто на сотни километров; при этом они никогда не достигают высоты окружающего их, повидимому, более древнего вала; в среднем они даже не достигают уровня прилегающей местности! Никто никогда не видел на вершине такой горки предполагаемого там кратерного отверстия. Если это происходит оттого, что оно лежит за пределами видимости, то его диаметр вряд ли может превышать 50 м. Только что мы были вынуждены принять сомнительную добавочную гипотезу, что вулканические силы произвели на луне не горы, а плоские тарелкообразные углубления с громадным диаметром,—теперь нам пришлось бы прибавить еще дальнейшую гипотезу о том, что у центральных горок образовались только такие кратеры, которые меньше земных. Значит, и здесь мы вынуждены от сравнения с земными вулканами перейти к представлениям о таких явлениях, о которых мы ничего не знаем из опыта. Но это и значит, что вулканическая гипотеза не может быть удержана.

Это станет еще яснее, если мы сравним также и размеры соответствующих образований на земле и на луне. Если мы отдадим себе отчет в том, что здесь речь идет не, как в предыдущих гипотезах, о переносе результатов лабораторного опыта на другие размеры, а о сравнении строго тождественных явлений на двух небесных телах, из которых луна—даже меньшее, то нам станет совершенно ясно, что здесь следовало бы ожидать особенно глубокого сходства не только форм, но и размеров; и если бы мы уже решили допустить систематическое различие в этом отношении, то оно должно было бы заключаться в том, что на луне вулканы могли бы быть несколько меньше, чем на земле.

Размеры земных вулканов довольно значительны, если рассматривать их, как горы. Но эта форма гор как раз и отсутствует на луне. Наоборот, кратеры земных вулканов редко имеют больше одного или нескольких километров в диаметре. Только в виде редких исключений, напр.: у Askja в Исландии, попадаются диаметры в 10 км. и более<sup>1)</sup>. Если мы сравним с этим величину лунных кратеров, то придем к абсурду. Ибо тут перед нами непрерывный ряд форм, начиная от пределов видимости и кончая величиной в несколько сот километров. Наиболее типичные и замечательные образования имеют от 50 до 200 км. в диаметре. Приведу конец этого длинного ряда, по Францу<sup>2)</sup>.

	$\lambda$	$\beta$	Диаметр в километрах.
Furnerius . . . . .	+60°	-36°	124
Phocylides . . . . .	-54	-52	124
Maurolycus . . . . .	+14	-42	124
Posidonius . . . . .	+29	+32	124
Pythagoras . . . . .	-63	-63	140
Alphonsus . . . . .	- 3	-13	143
Endymion . . . . .	+53	+54	146
Vendelinus . . . . .	+61	-16	149
Cleomedes . . . . .	+57	+17	149
Boussingault . . . . .	+69	-50	155

<sup>1)</sup> Для среднего диаметра десяти наиболее крупных земных вулканических кратеров Gilbert дает 18 км. (максимальный диаметр—24 км.), но это, по большей части, образования, расширившиеся вследствие размывания.

<sup>2)</sup> J. Franz, Der Mond (Aus Natur und Geisteswelt., 90), 2. Aufl., S. 75. Leipzig 1912.

	$\lambda$	$\beta$	Диаметр в километрах.
Stoeffler . . . . .	+ 7	-42	158
Maginus . . . . .	- 6	-50	158
Langrenus . . . . .	+61	- 8	158
Ptolomeus . . . . .	- 2	- 9	161
Petavius . . . . .	+59	-25	174
Gauss. . . . .	+79	+36	183
W. Humboldt . . . . .	+81	-27	189
Schiller. . . . .	-38	-52	192
Ricciole . . . . .	-76	- 3	192
Schickard. . . . .	-54	-44	223
Clavius . . . . .	-15	-58	248
Grimaldi . . . . .	-67	- 6	254

Но от этих форм нельзя без натяжки отделить и следующие объекты:

	$\lambda$	$\beta$	Диаметр в километрах.
Mare Humboldtianum . . .	+80°	+60°	300
Otto Struve . . . . .	-75	+23	310
Bailly . . . . .	-70	-68	310

Но отсюда уже недалеко и до размеров Моря Кризисов с его диаметром в 450—550 км.; это море с его почти круговую цепью прибрежных гор, крутых с внутренней стороны и отлогих с наружной, невозможно принципиально отделить

от предшествующих кратерных морей и цирков. И тут мы подошли к самому большому, к явно непреодолимому затруднению вулканической гипотезы: и те моря, которые окаймлены почти круговой цепью гор,—каковы, кроме Моря Кризисов, еще Море Ясности (700 км. в диаметре) и Море Дождей (немного больше 1.000 км.),—не могут быть выключены из этого непрерывного ряда форм. И они являются лунными кратерами в широком смысле слова, и способ их происхождения должен быть, по существу, тот же, что и других. Сторонники вулканической гипотезы, конечно, не хотят принять этого вывода; но их аргументы не убедительны. Так фон Вольф подчеркивает отсутствие центральной горки у морей; но это отсутствие не может служить основанием для противопоставления их кратерам в собственном смысле слова, потому что и эти последние очень часто не имеют центральной горки. Столь же несостоятельно возражение Франца, что кольцевые горы Моря Дождей и Моря Ясности не вполне замкнуты, потому что и среди более мелких лунных кратеров имеются грушеобразные объекты, у которых, главным образом, развита только одна сторона кольцевого вала (при гипотезе падения это объясняется очень косым падением), а, с другой стороны, и у более мелкого Залива Радуг существует только та часть кольцевого вала, которая попала на твердую корку, остальные же его части, образовавшиеся в жидкой в то время магме Моря Дождей, не доразвились или же впоследствии снова расплавились. Для иллюстрации постепенного перехода величин мы представили весь приведенный выше ряд лунных кратеров в виде колонны (см. рис. 2). Отделять нижние ступени этой лестницы и объяснять их происхождение принципиально другим способом—значит играть в прятки с фактами.

Как уже отмечено, даже вулканист Э. Зюсс не решился на это; но он упустил из виду, что в таком случае ему придется провести разделяющую черту только в более высокой части колонны, т.-е. там, где она уже вовсе лишена всякого основания.

На мой взгляд приведенные соображения чрезвычайно убедительны. Вулканическая гипотеза никак не может справиться с этими фактами, если только не прибегнет к уже отвергнутому нами допущению, что на луне вул-

канические силы действовали совершенно иначе, чем на земле.

На этом мы могли бы прекратить обсуждение вулканической гипотезы, потому что сказанного более, чем достаточно, для ее опровержения. Но ради полноты обзора мы бросим еще беглый взгляд на распределение и частоту лунных кратеров, с одной стороны, и земных вулканов—с другой.

В общем расположении кратеров на поверхности луны можно подметить известную систему. Как впервые заметил

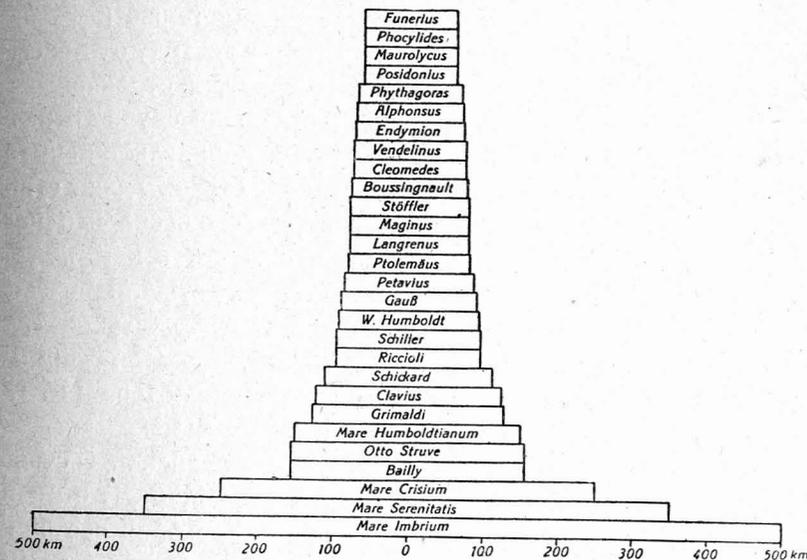


Рис. 2. Диаметры наибольших лунных кратеров.

Франц, большие моря—в особенности Море Плодородия, Спокойствия, Ясности, Дождей, Океан Бурь, Гримальди, Море Кризисов—образуют пояс, наклоненный к нынешнему лунному экватору приблизительно на  $21^\circ$  и являющийся, быть может, бывшей экваториальной зоной луны. В полярных шапках этой экваториальной зоны мы имеем, наоборот, целый рой более мелких кратеров, и высокое альbedo<sup>1)</sup> этих мест, как и весь их вид, свидетельствуют о том, что

<sup>1)</sup> Альbedo есть число, указывающее, какая часть перпендикулярно падающего на грубую поверхность света отражается ею в том же направлении. (Примеч. ред.)

здесь не было тех явлений плавления, которые играли такую большую роль в зоне морей. В расположении отдельных кратеров господствует, наоборот, уже часто отмечавшаяся неправильность: более молодые кратеры совершенно случайно рассеяны среди более старых, которые, повидимому, никак не влияют на их местоположение.

На земле вулканические формы не находятся ни в какой, известной нам, зависимости от географической широты. Вулканы Аляски (60°) и Антарктиды (77°) имеют такое же строение, как вулканы Индо-Китая, Южной Америки и Африки. Большие лавовые покровы Исландии также ничем не отличаются от аналогичных образований к востоку от Абиссинии, под 10-ым градусом широты. Наоборот, местоположение отдельных земных вулканов, в каждом отдельном случае, отнюдь не является случайным. Вновь образующийся вулкан испытывает на себе разнообразные влияния со стороны уже существующих более старых форм, так что такого беспорядочного нагромождения отдельных кратеров друг на друга, как на луне, здесь не бывает. Но, что самое важное, земные вулканы связаны с зонами тектонических движений по той вполне понятной причине, что только тут имеются налицо силы, которые в состоянии выдавить магматические включения литосферы. Так вулканы сопровождают, с одной стороны, зоны молодых складчатых гор кордильерской и альпийско-гималайской системы, а, с другой — зону расколов Средиземноморья от Вестиндии до Индо-Китая, а также зону краевых расколов восточно-азиатского континента. По вопросу о системе этих тектонических движений земной коры сейчас вырабатываются новые воззрения, развивающиеся под влиянием геологических наблюдений над гигантским сжатием гор в чешуйчатых перекрытиях, а также под влиянием геофизических исследований над горизонтальными смещениями континентальных масс<sup>1)</sup>. По этим воззрениям континентальные глыбы представляют сжатые остатки литосферы, обнимавшей некогда всю землю, между тем как дно морей относится уже к симасфере, в которой материковые глыбы плавают, погруженные в нее на 95%. Этот длительный процесс все еще продолжающегося сжатия

<sup>1)</sup> A. Wegener. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, 3 Aufl. Die Wissenschaft. 66. Braunschweig 1922.

остатков литосферы постоянно сопровождается выдавливанием барисферических включений в форме вулканических извержений. При гораздо меньших размерах луны придется сомневаться с самого начала, чтобы и лунная кора пережила или до сих пор переживала аналогичные процессы в подобном же масштабе. Действительно, на луне мы не знаем ничего такого, что можно было бы вполне приравнять к материковым глыбам и складчатым горам земли. Правда, лунные моря обнаруживают некоторое сходство с земными морскими бассейнами, а для северо-западного края Моря Дождей мы можем констатировать и небольшое «смещение континентальной глыбы» в сторону моря, но все-таки на луне эти явления играют совершенно второстепенную роль. По всему, что мы теперь знаем о природе вулканов, для нас должно быть, по меньшей мере, сомнительно, можно ли вообще ожидать встретить их на луне. Но уж ни в коем случае нельзя примирить с нашими познаниями о земле то прямо-таки громадное количество кратеров, какое имеется на луне. В самом деле, поверхность луны до такой степени усеяна кратерами, что даже сомнительно, существует ли на ней вообще какая-нибудь точка, которая, по крайней мере, ранее не лежала бы внутри какого-либо кратера. Если на земле все вулканы, взятые вместе, покрывают лишь ничтожную часть земной коры, и кратеры их так малы, что переселенный на луну астроном едва ли мог бы различить их даже в самый сильный телескоп—кто знает, имели ли бы такие лунные астрономы вообще какое-нибудь понятие о существовании земных вулканов! — то на луне кратерная форма всех размеров, вплоть до гигантской величины морей, является не только самой частой и типичной формой поверхности, характеризующей вид луны с первого взгляда, но даже почти единственной ее формой!

Я не понимаю, как возможно, сравнивая луну с земным глобусом, притти к другому выводу, кроме следующего: лунные и земные формы различны в корне, а, следовательно, и происхождение их различно. Противоположность между ними столь разительна, что уже ближайшее поколение ученых будет посмеиваться над нашими судоржными усилиями установить здесь какое-нибудь сходство.

## 5. Прежние изложения гипотезы падения.

По гипотезе падения существует обширная, хотя и недостаточно систематическая литература.

В 1828 г. ее отстаивал мюнхенский астроном Gruithuisen<sup>1)</sup> (ср. цитату на стр. 8), однако в его сочинениях встречаются и другие, фантастические объяснения.

Альтганс заметил, что на броневых плитах от ударов артиллерийских снарядов также образуются кратеровидные дыры, и заключил отсюда, что на поверхности луны и после ее затвердения могли образоваться кратеры падения<sup>2)</sup>. Говорят, что вскоре после 1840 г. ему удалось получить искусственный кратер падения с центральной горкой в результате бросания карточных пуль в кашеобразную массу, состоящую из известкового молока, цемента и гипса<sup>3)</sup>. Происхождение центральной горки Альтганс, повидимому, объяснял себе отражением волны внутрь—объяснение, часто повторяющееся и у позднейших представителей гипотезы падения, но опровергаемое моими собственными опытами, о которых речь впереди. В 1839 г. Альтганс опубликовал работу, в которой он пытается объяснить гипотезой падения и земные кольцевые горы, вроде богемских<sup>4)</sup>; этому искушению поддался не один представитель рассматриваемой гипотезы.

Проктор объяснял в 1873 г. происхождение бесчисленных мелких кратеров падением метеоритовых масс на тогда еще горячую и пластическую поверхность луны<sup>5)</sup>.

<sup>1)</sup> Gruithuisen. Analekten f. Erd- u. Himmelskunde, Bd. 2. München 1829.—Наоборот, в общей естественной истории и теории неба Канта, которая иногда упоминается в этой связи, я не нахожу почти никаких следов гипотезы падения. Ср. также S. Günther, Die Entstehung der Lehre von der meteoritischen Bildung des Erdkörpers. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wissenschaften, math.-phys. Kl., S. 21, 1908.

<sup>2)</sup> K. L. Althans. Über Versuche die eigentümliche Gestalt der Mondoberfläche zu erklären. Gaea. 27, 7, 87 (цитирую по S. Günther'у).

<sup>3)</sup> Archenhold. Zur Entstehung der Mondkrater. Das Weltall, 18, 166—171. (1918).

<sup>4)</sup> Althans. Grundzüge zur gänzlichen Umgestaltung der bisherigen Geologie oder Kurze Darstellung der Weltkörper - u. Erdrindenbildung, 1839.

<sup>5)</sup> R. Proctor. The Moon. London 1873.

Архитектор Мейденбауэр иллюстрировал в 1877 г. гипотезу падения при помощи опыта с декстриновым порошком, на который он сыпал с небольшой высоты то же вещество с кончика ножа. Получающиеся при этом маленькие кратеры иногда обнаруживали центральные горки, о способе происхождения которых Мейденбауэр, впрочем, ничего не говорит. Поверхность луны он представлял себе состоящей из пылеобразного или песчаного вещества и принимал, что на нее падали сверху скопления того же вещества. Моря он, странным образом, считал расплавленными массами серы и фосфора. В одной из своих позднейших статей (1906 г.) и он сделал рискованную попытку использовать гипотезу падения для земной геологии<sup>1)</sup>. Опыт Мейденбауэра был впоследствии повторен Альсдорфом<sup>2)</sup> в измененном виде: вместо декстрина он брал плауновый порошок, в который метал под различными углами эластические шарики из каучука и шерсти.

Одновременно с Мейденбауэром и так же, как и он, без знания своих предшественников, за гипотезу падения высказался и архитектор Август Тирш в сочинении, которое он выпустил вместе со своим отцом, профессором богословия Гейнрихом Тиршем—сначала, в 1879 г., под псевдонимом «Asterios», а затем, вторым изданием, в 1883 г. с обозначением полного имени обоих авторов<sup>3)</sup>. Тирш принимает, что и Море Дождей образовалось путем падения: «Упавшее сверху тело значительных размеров своим ударом подняло волну, которая прорвала лунную кору на большом пространстве, а обломки отбросила на края прорыва». О характере падающих масс он говорит следующее: «Как теперь Сатурн, так некогда и земля могла иметь,

<sup>1)</sup> A. Meydenbauer. Über die Bildung der Mondoberfläche, Sirius 10 (N. F. 5), 180 (1877) (содержит в себе только описание опыта, без рисунков).—Die Gebilde der Mondoberfläche, там же 15 (N. F. 10), 59—64 (1882), с таблицей.—Kant oder Laplace? Kosmologische Studie, Marburg 1880.—Kohle, Kali und Petroleum, Himmel und Erde, S. 390—401 (1906).

<sup>2)</sup> H. Ahlendorf. Experimentelle Darstellungen von Gebilden der Mondoberfläche, Gaea 1898, S. 35.

<sup>3)</sup> Heinrich W. J. Thiersch und August Thiersch. Die Physiognomie des Mondes. Versuch einer Deutung derselben im Anschluss an die Arbeiten von Mädler, Nasmyth und Carpenter. 42 S., Augsburg 1883.

в меньшем масштабе, свое лунное кольцо из небольших спутников. Наиболее крупный из них, т.-е. как раз наша луна, мог в течение тысячелетий побороть и поглотить своих более слабых товарищей». Впрочем и Тирш, так же как Gruithuisen, Альтганс и Мейденбауэр, не устоял против искушения использовать гипотезу падения и для теории образования земных гор.

Геолог Гильберт дал в 1892 г. весьма ценное изложение гипотезы падения. Вулканическая гипотеза после тщательного разбора им отвергается. Явления плавления в морях вызваны развитием теплоты при падении, борозды суть результат выбросов, лучи рассматриваются, как разбрызганная жидкость, что, по всем вероятностям, неправильно. Так же несостоятельно объяснение центральных горок возвратным ударом. Трещины толкуются, как разрывы коры в результате больших падений по соседству. Гильберт также полагает, что луна образовалась из кольца, состоявшего из отдельных твердых частей и окружавшего некогда землю наподобие кольца Сатурна. Если бы падающими телами были метеориты, то кратеры в большинстве случаев были бы не круглыми, а эллиптическими. В доказательство приводятся результаты вычислений Вудворда, которые сравниваются с собственными измерениями Гильберта над эллиптической формой 120 лунных кратеров<sup>1)</sup>.

Е. Г. Л. Шварц принимает, что и на земле имели место многочисленные падения, но что места падений теперь уже не могут быть установлены. Поводом для такого взгляда ему послужил наблюденный в Южной Африке единичный случай лавовой массы (мандельштейн-мелафир), которая, повидимому, со всех сторон окружена осадками, так что трудно думать, что она поднялась снизу по какому-нибудь каналу. Шварц принимает, поэтому, что эта мелафировая масса и множество других подобных образований в прежние геологические периоды появились в результате падения тел

<sup>1)</sup> G. K. Gilbert. The Moon's Face; a study of the Origin of its Features, Bulletin of the Philos. Soc. of Washington 12, 241—292 (1892—1894); ср. также Н. J. Klein. Jahrb. d. Astron. u. Geophys. 5, 33. Leipzig 1894.

из мирового пространства. Опыты над падениями, изложенные ниже, покажут, что это предположение, по меньшей мере, весьма сомнительно<sup>1)</sup>.

В 1903 г. Н. С. Шалер развил далее предположение Гильберта, что при ударе должно развиваться значительное количество теплоты, вследствие чего наблюдаемые во многих местах следы расплавления могли бы быть поняты, хотя бы отчасти, как следствие самого падения. Так именно следует понимать, по его мнению, явления плавления во внутренних частях морей<sup>2)</sup>.

Приблизительно в то же время Ромэнс экспериментально установил нагревание при ударе падающих тел. Для этого он стрелял ружейными пулями в свинцовую пластинку и констатировал, что вокруг пробитого отверстия свинец раскалялся до красна. Возражение против гипотезы падения, гласящее, что и на земле должны были бы иметь место подобные явления, он, как и некоторые другие сторонники этой гипотезы, отводит указанием на защищенность земли эластической воздушной оболочкой. Это соображение неправильно, потому что своей воздушной оболочкой земля защищена только от небольших тел. Тела таких размеров, какие нужны для образования лунных кратеров, не встретили бы существенного препятствия со стороны земной атмосферы, как легко сообразить, если вспомнить, что атмосфера облегает землю очень тонким слоем. Впрочем, и метеоритный кратер Аризоны является разительным доказательством неправильности соображений Ромэнса. Системы лучей Ромэнс считает пылью, но для объяснения их высокого альбедо он делает ненужное допущение, что эта пыль кристаллична<sup>3)</sup>.

В 1907 г. новое изложение нашей гипотезы было дано Мартусом, известным автором «Астрономической Геогра-

<sup>1)</sup> E. H. L. Schwarz. The Probability of large Meteorites having fallen upon the Earth. Journ. of Geology 17, 124. (по S. Günther'y).

<sup>2)</sup> N. S. Shaler. A Comparison of the Features of the Earth and the Moon. Smiths. Contributions to Knowledge 34, № 1438. Washington 1903 (по S. Günther'y).

<sup>3)</sup> По отчету в Tägliche Rundschau от 29 декабря 1904. С подлинником я, к сожалению, не мог познакомиться.

фии»<sup>1)</sup>. Подобно Гильберту, он исходит из того соображения, что если лунные кратеры образовались в результате падения, то они не могут быть все круглыми; правда, при этом он еще делает бесспорно неправильное предположение, что диаметр лунных кратеров должен в точности соответствовать диаметру падающего тела. Он исследовал этот вопрос с помощью измерения многочисленных кратеров по лунному атласу Нейсона и пришел при этом к удивительному результату, что лунные кратеры имеют форму круга только в середине видимого диска луны, а с приближением к краям становятся все более яйцеобразными, при чем своей большей осью они всегда направлены к центру диска. Проще всего, конечно, предположить, что этот результат объясняется только тем, что в нейсоновском атласе кратеры по краям диска зарисованы без надлежащего перспективного сокращения. Для кратеров, расположенных у самого края, Мартус сам допускает эту ошибку и выключает их, поэтому, из своего рассмотрения: «Они, вероятно, зарисованы при благоприятной либрации»<sup>2)</sup>. Если затем, при переносе на карту, для крайних восточных или крайних западных кратеров поперечный диаметр эллипса не был сокращен точно до таких размеров, в каких он был бы видим при среднем положении луны, то определение длин на основании такого атласа поведет к значительным ошибкам... Но соображения Мартуса не могут, на мой взгляд, убедить в том, что та же систематическая ошибка не проходит через весь атлас Нейсона вообще; полученный Мартусом результат объяснялся бы этим гораздо проще, чем его собственными объяснениями.

Подобно Гильберту, и Мартус толкует системы лучей, как расплавленную и разбрызганную вследствие па-

<sup>1)</sup> H. Martus, Die Gestalten der Ringgebirge des Mondes sind Zeichen seiner Entstehungsweise. Das Weltall 8, 73 (1907/8). — Die Entstehungsweise der Monde der Planeten, Dresden 1909 (рецензию об этом сочинении дал C. Schoy в Gaea 75, 555).

<sup>2)</sup> Либрациями луны называются ее кажущиеся колебания, благодаря которым мы знаем несколько больше половины ее поверхности, а именно около  $\frac{1}{2}$ . Либрация является очень сложным явлением, зависящим от нескольких причин и прежде всего от эллиптичности лунной орбиты. На ряду с этой оптической либрацией существует еще физическая либрация, зависящая от не вполне шарообразной формы луны. *Прим. ред.*

дения материю, которая затем выкристаллизовалась и отражает своими кристаллическими зеркальными гранями солнечный свет, — толкование весьма неправдоподобное, потому что лапилли и лавовые потоки вовсе не обнаруживают такой кристалличности и, в противоположность системам лучей, обладают как раз очень слабым альбедо.

Вулканолог Джонстон-Лэвис пришел в 1913 г. к выводу, что вулканическая гипотеза становится тем более невероятной, чем подробнее земные вулканы сравниваются с лунными кратерами, и высказался за гипотезу падения. Системы лучей он склонен считать трещинами (cracks), в чем мы не можем с ним согласиться<sup>1)</sup>.

Названными работами литература о гипотезе падения отнюдь не исчерпывается<sup>2)</sup>. Полный обзор затрудняется ее разбросанностью и потребовал бы более обширных исторических исследований, чем это входит в нашу настоящую задачу.

## 6. Собственные опыты к гипотезе падения.

Из приведенной выше литературы видно, что представление о подробностях явлений падения страдает еще большой неопределенностью, что и является причиной частых недоразумений и противоречивых взглядов. Неопределенность эта объясняется почти полным отсутствием наблюдений над происходящими при падении явлениями и образующимися при этом формами. Немногие опыты, сделанные до сих пор в этой области, совершенно несистематичны и вряд ли могут служить опорой гипотезе. Чтобы восполнить этот пробел, я произвел зимою 1918/19 г.г. в Марбургском Физическом Институте систематический ряд опытов над кратерами падения, и сейчас вкратце изложу полученные результаты<sup>3)</sup>.

Материалом для опытов служил мне цементный порошок — как для основной, так и для падающей массы. Употребление

<sup>1)</sup> H. J. Johnston-Lavis, Systems of Rays on the Moon's surface. Nature 92, 631 (1913/4).

<sup>2)</sup> Оказывается, что и See высказался за эту гипотезу. Его работу по этому вопросу я, к сожалению, до сих пор не видел.

<sup>3)</sup> A. Wegener, Versuche zur Aufsturztheorie der Mondkrater. Nova Acta. Abh. der Leop.-Carol. Deutsch. Akad. d. Naturf. 106, Nr. 2, 107—117. Halle 1920. — Die Aufsturzhypothese der Mondkrater, Sirius 53, 189—194 (1920).

такого рыхлого порошка представлялось удобным потому, что бросался он рукою, и, значит, живая сила падающего тела была чрезвычайно мала по сравнению с процессами на луне. Чтобы в таких условиях все-таки получить сходные результаты, нужно, конечно, соответственно уменьшить преодолеваемую этой живой силой молекулярную силу сцепления того вещества, которое подвергалось ударам. Этим и объясняется, почему был взят такой рыхлый порошок. Было бы поэтому неверно сделать из моих опытов тот вывод, что поверхность луны состоит из порошковидного вещества: порошок в опыте соответствует твердым породам на луне, схожим с земными породами. Цемент был особенно удобен потому, что получавшиеся в нем кратеры можно было зафиксировать без изменения формы; для этого нужно было только осторожно окропить поверхность водой и на следующий день, когда она отвердевала, пропитать водой весь препарат. Для набрасывания порошка я всегда пользовался столовой ложкой; на большинство кратеров пошло пол-ложки, а на самый крупный, 12-ти см. в диаметре, пошла полная ложка с верхом. Когда основная масса бывала слишком плотно утрамбована, кратеров не получалось. Но когда она бывала достаточно рыхлой, всегда получалось кратеровидное углубление. Вначале я получал таким путем только кратеры без центральной горки; но под конец показывались и хорошие центральные горки в тех опытах, при которых основная масса случайно находилась в очень плоских бумажных коробках и поэтому была не толще, чем в  $\frac{1}{2}$  или 1 см. Это привело к установлению того важного факта, что центральная горка появлялась всегда, когда толщина слоя основной массы не превышала, примерно,  $\frac{1}{10}$  диаметра кратера. Так как эти тонкие куски цемента при затвердевании большей частью лопались, то снизу подкладывался еще один слой цемента, толщиной в несколько сантиметров, плотно прижатый наложенным на него куском бумаги и служивший, в таком виде, твердой подставкой. На нее затем насыпался рыхлый слой, толщиной в  $\frac{1}{2}$  см., который и представлял собою основную массу. Из такой основной массы получился ряд кратеров с центральной горкой, обнаруживающих, с первого же взгляда, большое сходство с лунными кратерами, как это видно на рис. 3 и 4.

Чтобы исследовать это сходство и в числовом отношении, был тщательно измерен профиль 18 таких кратеров с центральной горкой, что привело к следующим величинам для диаметра  $d$ , высоты кольцевого вала  $w$ , дна кратера  $b$  и центральной горки  $z$ ; высоты взяты по отношению к уровню окружающей кратер площади (см. таблицу на стр. 30, где все величины даны в миллиметрах).

Приведенные в таблице сверх того цифры для глубины кратера  $T = w - b$ , высоты центральной горки  $h = z - b$ , а также для отношения глубины кратера к высоте вала  $\frac{T}{w}$ , диаметра к глубине кратера  $\frac{d}{T}$  и глубины кратера к высоте центральной горки  $\frac{T}{h}$  — выведены из столбцов, стоящих налево. Весь ряд по величине кратеров разделен на две группы; в каждом столбце наибольшая величина напечатана жирным шрифтом, а наименьшая выделена звездочкой\*.

Средние величины, а также числа для предпоследнего кратера (того самого, который изображен на рис. 3 и 4) для наглядности изображены в виде профилей на рис. 1 (стр. 13).

Сравним теперь эти числа с теми, которые собрал Г. Эберт для 92 лунных кратеров (из них 33 без центральной горки, 40 с центральной горкой, которая, однако, не измерена, и 19 с измеренной горкой) <sup>1)</sup>.

Отношение диаметра к глубине кратера  $\frac{d}{T}$  в общей средней нашего ряда равно 6,2; для более мелких кратеров, в среднем в 53 мм. в диаметре, оно несколько меньше, именно — 5,6, для более крупных, в 82 мм. в диаметре, оно несколько больше, именно — 6,9. В семи случаях мы имеем величину, большую 7, максимальная величина равна 10,3. У лунных кратеров наименьшая величина для этого отношения есть 7, в девяти случаях она ниже 10, чаще всего она равняется 17. Наибольшая величина этого отношения на луне равна 70; но такие большие числа встречаются только для кратерных морей или таких цирков, у которых глубина кратера сравнительно сильно была уменьшена наполненной его лавой. Эти образования, в которых играют роль явле-

<sup>1)</sup> Н. Ebert. Über die Ringgebirge des Mondes. Sitzungsber. d. physik.-med. Soc. Erlangen 1890, S. 171—191. табл. стр. 30).

$d$	$w$	$b$	$z$	$\frac{w-b}{=T}$	$\frac{z-b}{=h}$	$\frac{T}{w}$	$\frac{d}{T}$	$\frac{T}{h}$
41	4,5	- 3,0	1,0	7,5	4,0	1,7	5,5	1,9
50	4,0	- 3,0	0,5	7,0	3,5	1,8	7,1	2,0
52	2,0	- 9,0	- 6,8	11,0	2,2	5,5	4,7	5,0
53	4,5	- 3,5	- 0,5	8,0	3,0	1,8	6,6	2,7
53	5,8	- 5,2	- 2,7	11,0	2,5	1,9	4,8	4,4
55	3,9	- 8,9	- 6,9	12,8	2,0*	3,3	4,3	6,4
56	1,3*	- 5,3	- 2,3	6,6*	3,0	5,1	8,5	2,2
58	4,0	-12,0	- 9,5*	16,0	2,5	4,0	3,6*	6,4
58	7,0	- 4,0	- 1,0	11,0	3,0	1,6*	5,3	3,7
<hr/>								
1. Частная средняя } 53	4,1	- 6,0	- 3,1	10,1	2,9	3,0	5,6	3,9
61	2,2	- 6,3	- 2,8	8,5	3,5	3,9	7,2	2,4
62	3,5	- 5,0	- 3,0	8,5	2,0*	2,4	7,3	4,2
65	3,0	- 5,0	- 0,5	8,0	4,5	2,7	8,1	1,8*
68	3,6	- 5,9	- 1,9	9,5	4,0	2,6	7,2	2,4
80	9,5	- 6,0	- 2,2	15,5	3,8	1,6*	5,2	4,1
84	9,5	- 9,5	- 2,5	19,0	7,0	2,0	4,4	2,7
97	5,8	-12,2*	- 3,7	18,0	8,5	3,1	5,4	2,1
98	6,0	- 3,5	- 0,5	9,5	4,0	1,6*	10,3	2,4
122	9,0	- 9,5	- 4,0	18,5	5,5	2,1	6,6	3,4
<hr/>								
2. Частная средняя } 82	5,8	- 7,0	- 2,2	12,8	4,8	2,4	6,9	2,8
Общая средняя } 67	5,0	- 6,5	- 2,7	11,4	3,8	2,7	6,2	3,3

ния плавления, не могут, конечно, непосредственно сравниваться с нашими опытными кратерами. Это особое положение больших лунных кратеров характеризуется также открытой Эбертом закономерностью, в силу которой глубина кратера всегда стремится у них к постоянной, независимой от разме-

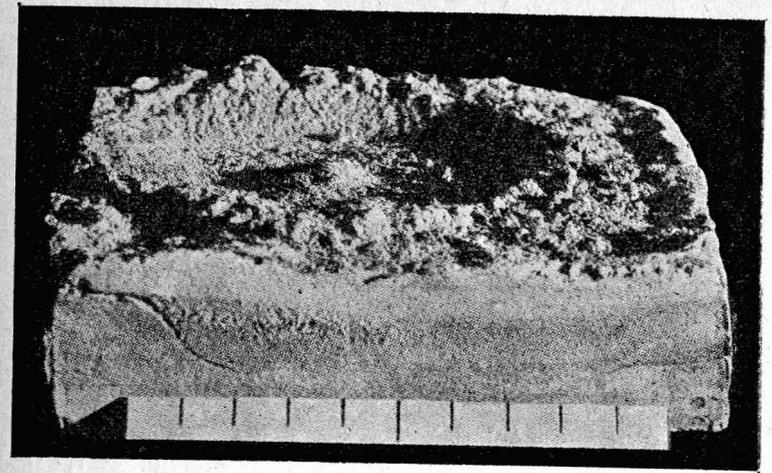


Рис. 3 и 4. Кратеры падения из цементного порошка. (Деления соответствуют сантиметрам).

ров кратера, величине в 3,5 км., — величине, которая явным образом соответствует изостатической разности высот между твердой корой луны и уровнем жидкой лавы, аналогично разности уровней между континентальными глыбами и дном морей на земле. С более мелкими лунными кратерами, которые не были заполнены лавой, наши опыты согласуются вполне удовлетворительно, и, в частности, отношение  $\frac{p}{T}$  возрастает и на луне вместе с величиной кратера <sup>1)</sup>.

Еще более полное совпадение обнаруживается при сравнении других найденных величин. Для отношения глубины кратера к высоте вала  $\frac{T}{w}$ , которое у земных вулканов, разумеется,

всегда  $< 1$ , наши опыты дают 2,7; между тем как Эберт для лунных кратеров приводит 2—3. У нас величина этого отношения колеблется между 1,6 и 5,5, на луне — между 1,1 и 4,4.

Далее, отношение глубины кратера к высоте центральной горки  $\frac{T}{h}$  в наших опытах равно 3,3, т.е. центральная горка подымается только до нижней трети глубины кратера. Для луны это отношение, по Эберту, равно 2,9. Отдельные величины варьируют у нас от 1,8 до 6,4, на луне — от 1,5 до 9,4. Но в обоих случаях центральная горка никогда не достигает высоты вала, а над уровнем окружающей местности поднимается — на луне в шести случаях (из 19), а в наших опытах в трех случаях (из 18); в среднем ее вершина и там, и здесь оказывается значительно ниже этого уровня. Замечание Эберта: «таким образом, вершина центральной горки не всегда оказывается ниже среднего уровня, как предполагалось раньше» (ср. Schmidt, «Der Mond» S. 60), относится, следовательно, в такой же мере и к нашим опытным кратерам.

Для правильной оценки этих почти полных числовых совпадений важно заметить, что опыты производились нами без знания чисел Эберта, которые были привлечены только после окончательного выяснения результатов опытов. При таких условиях эти опыты являются сильной опорой для воззрения, что лунные кратеры образовались, благодаря падению тел.

<sup>1)</sup> Н. Еbert находит, что это отношение равно 10 у кратеров с диаметром меньше 28 км., 20 — у кратеров с диаметром от 28 до 90 км., 32 — у кратеров с диаметром от 90 до 120 и 40 — у кратеров с диаметром больше 120 км.

Ряд специальных опытов должен был, далее, выяснить, что делается с падающей массой, и каково строение центральной горки. Для этой цели в качестве падающей массы был взят гипсовый порошок, который хорошо отделяется от серого цементного порошка основной массы. В получавшихся при этом кратерах гипсовый порошок покрывал всю их внутренность, до гребня кольцевого вала, замкнутым, равномерно тонким слоем. Сам кольцевой вал состоял из цемента, радиально вытесненного наружу; гипсовый слой выстилал только его внутренний склон и оканчивался наверху изломом, который указывал, что кольцевой вал при своем возникновении был выше, но его верхняя часть была выброшена наружу. Это подтверждалось многочисленными отдельными кусочками гипса, которые лежали далеко за пределами кратера прилипшими к более крупным кускам цемента. Эти факты объясняют, почему у кратеров падения избыток кольцевого вала в общем равен изъяну кратера, как это уже было установлено Шрэттером для лунных кратеров. Падающая масса — именно потому, что она распространяется тонким слоем — играет самую незначительную роль и приблизительно компенсируется выбросами. Смотря по преобладанию того или другого, что зависит, между прочим, и от скорости падения, может преобладать избыток или изъян. Взгляд Эберта, что частое преобладание изъяна является веским доводом против гипотезы падения, лишен поэтому основания. Он нашел, что из 92 лунных кратеров у 28 преобладает избыток, а у 64 — изъян. Я сомневаюсь, чтобы отсюда можно было сделать другой вывод, кроме того, что избыток и изъян приблизительно уравнивают друг друга, как этого и следует ожидать при гипотезе падения.

На строение центральной горки наши опыты тоже проливают свет. При рассечении некоторых опытных кратеров только что описанного рода оказалось, что гипсовый слой внутри кратера был почти везде одинаковой толщины, в частности, и на центральной горке он был лишь немного толще. Значит, последняя не образовалась целиком из вещества падающего тела, но состояла из цемента основной массы и была лишь прикрыта гипсовым слоем. Далее выяснилось, однако, что на ее образование пошел только верхний, рыхлый слой основной массы, но никак не нижний, плотно сжа-

тый слой цемента; это было доказано последующими опытами, при которых между этими двумя слоями основной массы был насыпан слой киновари (см. разрез на рис. 5). Этот слой киновари лежал нетронутый под центральной горкой. В самой же нижней кольцеобразной части кратера рыхлый верхний слой был удален нацело, так что здесь гипс лежал прямо на киновари. Это дает нам возможность вполне отчетливо представить себе происхождение центральной горки. Вертикально ниспадающая масса теряет при ударе свою прежнюю связность, ее частицы получают радиальные ускорения и целиком удаляют из самой нижней кольцеобразной области кратера рыхлую часть основной массы; сама же центральная горка, имеющая вид конуса, состоит из той части этого рыхлого слоя, которая, благодаря своему центральному положению, не получает радиального ускорения, а только сжимается. Это сразу объясняет нам, почему центральная горка в среднем остается даже ниже уровня окружающей поверхности; дело в том, что она образована из существовавшего материала, а не насыпана сверху. Так объясняется одно важное свойство лунных кратеров, которое в точно таком же виде появлялось и в наших опытах.

Теперь мы можем также понять, почему для образования центральной горки необходимо, как это показал эксперимент, чтобы кратер своей нижней частью упирался в твердое основание. В самом деле, не будь последнего, центральная часть основной массы могла бы под влиянием удара опуститься вниз. На луне этим объясняется отсутствие центральных горок у таких кратеров, у которых кора была пробита насквозь, т.-е. у кратерных морей и у самих морей, так как здесь не было твердого основания. Наоборот, кратеры более позднего происхождения, образовавшиеся только после полного затвердения лавовых масс, имеют центральные горки и на морях.

Опыты обнаружили еще другие явления, которые также могут служить подтверждением для гипотезы падения. Иногда появлялся — повидимому, вследствие деления падающей массы — не простой центральный конус, а центральная цепь. В этих случаях следы в окрестностях кратера показывали очень ясно, что перпендикулярно к центральной цепи выбросы были сильнее, чем в ее направлении, так что все обра-

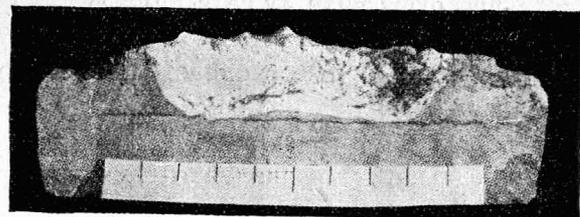


Рис. 5.



Рис. 6.

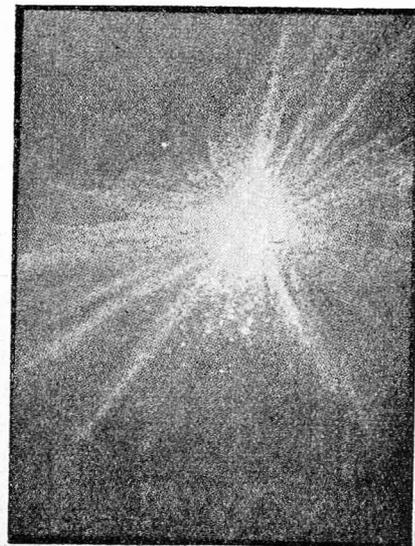


Рис. 7.

зование получало биполярное расположение по схеме рис. 8: в направлении центральной цепи преобладала концентрическая структура—концентрические валы, а в перпендикулярном к ней направлении—радиальная—лучи выбросов.\* На рис. 6 изображен один из этих кратеров, на которые я обратил внимание также лишь после окончания опытов. Как известно, такое же явление наблюдается и у лунного кратера Коперник, у которого имеется проходящая с востока на запад центральная цепь: и здесь в направлении от севера к югу преобладает радиальное, а от востока к западу—концентрическое строение.

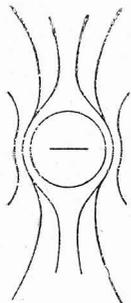


Рис. 8. Схема биполярной структуры кратера падения.

Другой ряд опытов был проделан с вязкой цементной массой, при чем и здесь падающее тело бралось из того же вещества. Среди получавшихся кратеров некоторые по внешнему виду были особенно похожи на лунный кратер Архимед. Как у этого последнего, так и здесь кольцевой вал был двойным и состоял в своей внутренней части из вещества упавшего тела, которое покрывало всю внутренность кратера тонким слоем и заканчивалось в форме внутреннего кольцевого вала. Внешний кольцевой вал состоял, наоборот, из оттесненного в сторону вещества основной массы. Выбрасываний здесь не было никаких. Эти опыты подтверждают, повидимому, и без того весьма вероятное предположение, что кратер Архимед образовался в такое время, когда Море Дождей еще не окончательно затвердело. В том же веществе при очень косом ударе можно было получать грушеобразные кратеры, а при выбрызгивании из ложки—также кратерные ряды и борозды, имеющие большое сходство с соответствующими образованиями на луне.

Для воспроизведения систем лучей высыпалось пол-ложки (столовой) гипсового порошка на лежащий на полу кусок черного картона. Лучи гипсовой пыли, длиною часто больше, чем в два метра, располагались тогда в форме системы лучей, очень похожей на соответствующие лунные образования (см. рис. 7). Кратера таким путем, правда, нельзя было получить, но другими опытами с пылевыми кратерами уже были доказаны случаи сильных выбрасываний такого рода

## 7. Метеоритный кратер в Аризоне.

В последнее время наши сведения о кратерах падения были расширены еще в одном направлении: я говорю о все углубляющихся исследованиях одного замечательного кратероидного образования в северной части центральной Аризоны—так называемого Coon Butte. Со времени первого подробного его описания, данного в 1891 г. А. Э. Футом <sup>1)</sup>, в американской геологии появилась довольно обширная литература об этом объекте; фактическое положение вопроса подробно изложено Баррингером <sup>2)</sup> и Дж. П. Мерилем <sup>3)</sup>.

Диаметр кратера—1.150 м., высота вала над прилегающей местностью—от 40 до 50 м., глубина кратера—170 м., так что плоское дно кратера лежит ниже уровня окружающей местности на 125 м. На рис. 1 (стр. 13) изображен приблизительный профиль этого кратера. Почти вертикальный местами внутренний склон кольцевого вала и бурения, о которых сейчас будет речь, показали, что геологическое строение окрестностей кратера следующее: наверху—слой красного песчаника, толщиной в 50 м., под ним слой известняка, толщиной в 80 м., а еще ниже слой белого песчаника не меньше, чем в 300 м. толщиной; все эти слои находятся в ненарушенном, горизонтальном положении. Напротив, в стене кратера слои эти сдвинуты и оттеснены от середины наружу. Многочисленные обломки песчаника и известняка выброшены на расстояние до 6½ клм., при чем величина их в общем убывает вместе с расстоянием. На расстоянии 1 километра еще встречаются глыбы в 20—30 м. толщины. Среди выброшенного материала, а также и внутри кратера встречаются также большие массы распыленного песчаника. Эта

<sup>1)</sup> Am. Journ. of Sc. 1891, p. 413.

<sup>2)</sup> D. M. Barringer. Meteor Crater in Northern Central Arizona (реферат в Am. Journ. of Sc. 1910, p. 427).

<sup>3)</sup> Quarterly Issue of the Smithsonian Miscellaneous Contributions. Vol. I. January 1908, p. 461—498. Ср. также Am. Journ. of Sc. 1908, p. 265; 1911, p. 335; 1915, p. 482.—Краткое немецкое описание, с несколькими фотографическими репродукциями, имеется у L. Waagen. Unsere Erde. München, S. 55.

«каменная мука» составляет примерно 15—20% выброшенных масс. Внутри кратера попадаются и незначительные следы плавления пород.

Понятно, что геологи колебались признать этот кратер кратером падения, а не вулканическим. Случаю, однако, было угодно, что в его окрестностях не оказалось никакого следа вулканических пород, и что их не найдено также было и при бурениях внутри кратера; более того, когда бурением была пройдена зона разрушения, под ней найден был песчаник, лежащий нетронутыми горизонтальными слоями. С другой стороны, в кратере и его окрестностях уже с 1866 г. было открыто много кусков метеорного железа. Некоторые из них весили больше 500 килогр. На ряду с неправильными кусками, наиболее частыми, попадаются и шары скорлуповатого сложения, весом до 20 килогр.; их структура, повидимому, указывает на то, что это были капли расплавленного железа, подобные лапиллям. И в пробуренной зоне кратерного дна железные метеориты встречались еще на глубине в 200 м. Общая масса собранных до сих пор железных метеоритов составляет около 15.000 килогр.

При таких условиях гипотеза вулканических сил должна была быть оставлена, и теперь все согласны в том, что мы имеем перед собой кратер падения, обязанный своим происхождением какому-нибудь большому железному метеориту или целому рою таких метеоритов. Диаметр большого метеорита оценивается в 150—200 м.

В надежде найти на глубине еще большую технически полезную массу железа произвели 28 бурений в центральной части кратера, опускаясь иногда до 300 м. глубины. О результате этих бурений я уже говорил. Надежды на добычу железа не оправдались. Высказанное некоторыми авторами предположение, что падение произошло по косой линии, и железная масса лежит под южной частью кольцевого вала, кажется мало вероятным, так как наши опыты показывают, что падающая масса имеет тенденцию распространяться по поверхности. Магнитные наблюдения, привлеченные к решению вопроса, также не дали оснований в пользу наличия каких-нибудь больших масс железа.

Время образования кратера не может быть установлено с полной точностью, но отсутствие более крупных явлений

размывания указывает, повидимому, на то, что ему едва ли может быть больше, чем несколько тысяч лет. Как сообщают, у живущих в окрестностях индейцев сохранились до сих пор легенды о его возникновении.

Трудно переоценить значение этого пока единственного в своем роде явления природы для проблемы лунных кратеров. Легкость, с какой упавший метеорит преодолел молекулярную связь известняка и лишь немногим более рыхлого песчаника, оправдывает наши прежние рассуждения и выбор порошководного вещества для наших опытов. Тот факт, что в данном случае отсутствует центральная горка, вполне согласуется с результатом наших экспериментов: более твердый известняк был пробит насквозь, а под ним лежал мягкий песчаник. Здесь не было, таким образом, необходимого для образования центральной горки твердого основания.

Само по себе мало вероятно, чтобы этот метеоритный кратер был единственным на земле. Именно, массовое присутствие некоторых вулканических стекол, напр., молдавитов в третичных отложениях Богемии и Моравии, австралитов в Австралии и т. д., указывает, повидимому, на то, что подобные падения громадных метеоритов случались уже неоднократно, по крайней мере, в прежние геологические периоды. Удастся ли геологии открыть такие более старые кратеры падения, теперь уже ставшие неизвестными, быть может, в результате размывания, — этот вопрос, вероятно, придется оставить открытым. Смелые предположения, сделанные в этом направлении сторонниками нашей гипотезы, представляются во всяком случае преждевременными при нынешнем состоянии наших знаний об образовании гор. Но вряд ли можно будет пройти мимо того факта, что такие падения играли на земле несравненно меньшую роль, чем на луне, где они являются практически единственным фактором горообразования.

## 8. Итоги.

Выше мы чисто морфолого-эмпирическим путем пришли к выводу, что типичные лунные кратеры лучше всего объясняются как кратеры падения. Теперь мы разберем вопрос, какова могла быть природа падающих тел, и почему на земле неизмеримо меньше встречается следов таких падений.

Для этого мы должны еще раз резюмировать гипотезу падений, как она нам представляется.

Согласно измерениям Ландерера<sup>1)</sup>, угол поляризации темных поверхностей лунных морей равен  $33^{\circ}17' \pm 7'$  и, следовательно, больше всего совпадает с углом поляризации вулканических стекол, обсидиана ( $33^{\circ}46'$ ) и витрофира ( $33^{\circ}18'$ ) и метеоритных молдавитов ( $33^{\circ}43'$ ). Мы должны заключить отсюда, что поверхность луны состоит, главным образом, из темного вулканического стекла, в которое лучи света могут проникнуть до небольшой глубины. Места с высоким альбедо следует рассматривать, как продукты разрушения или выветривания, при чем образовавшиеся обломки либо остались нецементированными, либо уплотнены в обломочную горную породу. Хорошо известно, до какой степени повышается альбедо всех стекловидных пород при раздроблении, а тем более распылении материала. Опыт Г. Эберта с куском стекла, поверхность которого была отчасти усеяна стеклянным порошком, и который освещался под различными углами<sup>2)</sup>, обнаружил то известное по луне явление, что различия в альбедо были чрезвычайно велики при вертикальном освещении, но почти исчезали при очень косом угле падения лучей. Системы лучей являются, следовательно, просто распыленным веществом, которое при падении какою-нибудь тела широко распространилось по лунной поверхности в виде лучей пыли. Так как движение этих лучей составляется из движения падения и радиального поступательного движения, то при встрече с горной цепью они отлагаются на ее передней стороне в необычно большом, а на ее задней стороне в необычно малом количестве. Это очень ясно видно на длинном луче, который, отходя от кратера *Tuscho*, пересекает Море Ясности. Прежде чем попасть на поверхность этого моря, ему приходится перешагнуть через горную цепь Гема, и здесь мы в самом деле видим, как на южном склоне этой горной цепи луч заметно усили-

<sup>1)</sup> J. J. Landerer, Sur l'angle de polarisation de la lune, *Compt. rend.* 109, 360—362 (1889), II.—Sur l'angle de polarisation des roches ignées et sur les premières déductions sélénologiques qui s'y rapportent, там же III, 210—212 (1890), II.

<sup>2)</sup> H. Ebert, Beitrag zur Physik der Mondoberfläche, *Sitzungsb. d. Bayer. Akad. d. Wissensch., math.-phys. Kl.*, 38, 150—180 (1908).

вается, а на северной стороне, у кратера Менелай, он сначала исчезает совсем и лишь на некотором отдалении от Гема становится опять видимым на темной поверхности моря. Что касается до изумительной длины этих лучей пыли, то тут, разумеется, не следует забывать о сильной кривизне лунной поверхности, благодаря которой касательная к этой поверхности очень быстро отделяется от нее, между тем как ускорение падения на луне составляет только  $\frac{1}{6}$  земного ускорения.

Кратеры с темной внутренней поверхностью,—значит, между прочим, и кратерные моря и моря, окруженные валами,—показывают, что твердая кора была здесь пробита, а внутренность кратера заполнилась жидкой лавой, которая потом затвердела. Поэтому у более крупных образований этого рода глубина кратера, как нашел Эберт, постоянно равна 3,5 кил. «Прожилки» являются, повидимому, границами новых лавовых излияний. Моря, не окруженные валами, суть лавовые излияния, связь которых с падениями хотя сама по себе и вероятна, но уже не может быть прямо установлена. Во всяком случае лава здесь местами распространялась по уже существовавшей твердой коре со следами падений, как об этом, повидимому, свидетельствуют открытые Леви и Пюизё «потонувшие» кратеры. Залив Радуг произошел от падения в такое время, когда поверхность Моря Дождей еще была жидкой; ко времени образования кратера Архимед она все еще была настолько вязкой, что не могло быть распыления; наоборот, к тому времени, когда образовался Аристил, она совершенно затвердела, так что образовалась центральная горка, и были выброшены пылевые лучи. То, что Море Дождей не имеет на востоке вала, может быть объяснено либо косым углом падения, либо, как в случае залива Радуг, слишком жидким состоянием находившихся здесь масс. В северо-западной части этого моря, как заметил уже Э. Зюсс, часть кольцевого вала с примыкающей к ней внешней глыбой, оторвалась и сильно сдвинулась по направлению к середине моря. Если угодно, эти явления плавления можно назвать вулканическими и, следовательно, в излагаемой здесь гипотезе происхождения лунных кратеров видеть соединение гипотезы падения с вулканической; но при этом не следует забывать, что—как будет объяснено ниже—появляющаяся

тут высокая температура сама, вероятнее всего, была вызвана падениями.

В областях, расположенных севернее и южнее зоны морей, не видно никаких следов плавлений. Породы подвергались здесь непрерывному разрушению, благодаря все новым падениям не очень больших масс, и вероятно приобрели структуру, подобную структуре осадочных пород. Альbedo их поэтому очень высоко (ср. рис. 9). Мы должны, следовательно, и на луне предположить распределение теплоты по поясам, при чем пояс наибольшей теплоты приходился, повидимому, на прежний экваториальный пояс морей (ныне наклоненный к лунному экватору приблизительно на  $21^{\circ}$ ), а наиболее низкая температура была на соответствующих полюсах. Возможно, что этому распределению способствовало также излучение солнца, которое на земле является теперь единственным фактором, регулирующим распределение тепла. Но следы гигантских падений в морях Кризисов, Ясности и Дождей указывают, повидимому, на то, что высокая температура этой зоны была обусловлена, главным образом, тем, что здесь происходило падение соответственно гораздо больших масс.

Грушеобразные кратеры, как Цензорин к северу от Теофила, при нашей гипотезе должны быть объяснены косым падением, борозды — поверхностным задеванием, кратерные ряды — падением кучи твердых тел, которая силой лунного притяжения была сначала превращена в цепь. То же самое относится к двойным кратерам. Однообразное направление, с северо-востока на юго-запад, кратерных рядов и борозд между Тихо и Морем Ясности (это однообразие уже было мною отмечено раньше) <sup>1)</sup> объясняется одновременным падением большого роя мелких тел, — если только неправильно предположение Гильберта, что мы имеем здесь выбрасывания, происшедшие во время образования Моря Дождей <sup>2)</sup>. Совершенно отрицать существование настоящих вулканов

<sup>1)</sup> A. Wegener, Versuche zur Aufsturztheorie der Mondkrater, Nova Acta. Abhandl. d. Leop. - Carol. Deutsch. Akad. d. Naturf. 106, Nr. 2., S. III, Anmerkung. Halle 1920.

<sup>2)</sup> По Gilbert'у (см. указ. сочин.), Море Дождей окружено радиально расходящимися бороздами, которые покрывают почти половину лунного диска. Часть их уже была описана Beer'ом и Mädler'ом, а также Neison'ом.

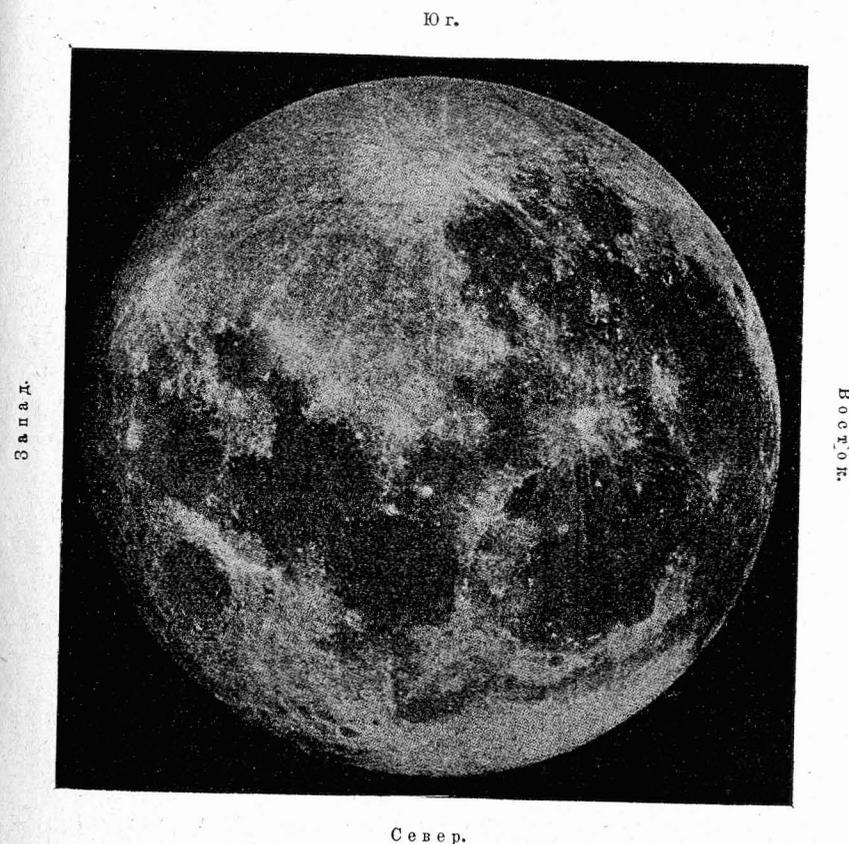


Рис. 9. Зона морей при полнолунии.

на луне у нас нет оснований, но до сих пор оно не было доказано. Следует предполагать, что они сравнительно реже и меньше земных вулканов. Трещины на луне произошли от разрыва твердой лунной коры и могут быть сравнены с земными грабенами, хотя у последних край редко остаются столь неповрежденными, как это обычно бывает на луне. Произошли ли они благодаря увеличению объема при больших падениях, или благодаря излучению при быстром охлаждении, — этот вопрос остается открытым.

Теперь мы переходим к вопросу о том, какого рода были падающие тела. Ответ на этот вопрос должен вместе с тем объяснить, почему на земле встречается несравненно меньше следов падений.

Необходимо помнить, что с этими вопросами мы уже выходим за пределы гипотезы падения в тесном смысле этого слова. Нетрудно было бы показать, что эту гипотезу следовало бы принять из чисто морфологических оснований и в том случае, если бы сейчас и было еще невозможно высказать что-нибудь о природе падающих тел. Одно мы во всяком случае должны подчеркнуть: даже если бы наши соображения о последнем вопросе оказались несостоятельными, то это лишь в слабой степени повлияло бы на вероятность гипотезы падения, ибо основанием для этой последней служат не умозрительные аргументы, а эмпирическая морфология.

Впрочем, сама лунная поверхность дает нам некоторые определенные указания по вопросу о природе падавших здесь тел, и мы не можем пройти молча мимо этих указаний.

То обстоятельство, что наибольшие следы падений (как это наглядно показано на рис. 9) сосредоточены в поясе морей, представлявшем, вероятно, некогда экваториальную зону, указывает, повидимому, на то, что пути падающих тел не были расположены в беспорядке, а лежали преимущественно в одной главной плоскости. Естественно предположить, что эта плоскость была тождественна с эклиптической, и что, следовательно, падающие тела принадлежали к нашей солнечной системе. Этим выключается гипотеза метеоритов, потому что последние, насколько нам теперь известно, дви-

гаются по гиперболическим путям и, значит, принадлежат не к нашей солнечной системе, а, скорее, к потокам неподвижных звезд. Отсюда следует тот важный для самого процесса падения вывод, что скорость падения могла в таком случае равняться только нескольким километрам в секунду, потому что для путей падающих тел нельзя принимать слишком большой эксцентриситет. Как уже подчеркивал Гильберт, эта, сравнительно небольшая, скорость облегчает объяснение кратерных форм. В самом деле, чем меньше эта скорость, тем больше выдвигается на первый план ускорение, вызываемое силой притяжения самой луны, и тем более направление падения будет приближаться к вертикали. Так объясняется сильное преобладание симметричной круговой формы лунных кратеров.

Во-вторых, очевидно, что в зоне наибольших падений была и наиболее высокая температура, которая потом, в период образования последних кратеров, пала вследствие излучения в мировое пространство. Эти обстоятельства делают весьма правдоподобным предположение Гильберта, что сама теплота возникла только в результате падений и что, следовательно, еще ранее тех падений, следы которых мы видим, происходили другие — гораздо более многочисленные, гораздо более частые и, вероятно, более значительные по своим размерам; они то и обусловили высокую собственную температуру луны, которая затем опять несколько упала в эпоху образования нынешних лунных кратеров. В том, что мы видим на луне, мы имеем, следовательно, только следы затухания некоторого процесса, который прежде когда-то протекал в еще гораздо большем масштабе и с большей быстротой. Однако и эти последние следы так велики, что заставляют нас предположить, что масса луны была заметно увеличена ими. Последнее приводит нас к выводу, что во всем этом процессе мы имеем дело с образованием самой луны, — другими словами, к тому, что луна образовалась благодаря падению друг на друга большого количества отдельных твердых тел, которые вращались вокруг солнца по близким друг к другу путям<sup>1)</sup>. Этот процесс собирания

1) И нынешний путь луны может рассматриваться, как путь вокруг солнца. По отношению к последнему он никогда не становится выпуклым.

вначале протекал, вероятно, медленно, затем некоторое время держался на кульминационной точке—в тот период, когда число имевшихся тел все еще было очень велико, а собственное притяжение возрастающей луны притягивало их все быстрее,—а еще позднее, после уменьшения числа отдельных тел, вошел в стадию все замедлявшегося потухания. В кульминационный период падения следовали так быстро друг за другом, что вызванная падением теплота не могла излучаться в пространство таким же темпом, и температура луны поднялась выше точки плавления пород (в главной зоне падений это произошло во всяком случае, а, может быть, и было везде). В последнюю фазу процесса потеря через излучение была настолько велика, что ко времени последних падений и моря успели совершенно отвердеть.

Мы можем, следовательно, все еще опираться на данные наблюдения, принимая, что падающие тела принадлежали к солнечной системе, и что во всем явлении падений мы имеем дело с образованием луны. Но для дальнейших выводов я уже не вижу достаточных оснований. Возможно, что до своего соединения отдельные тела составляли кольцо вокруг земли, наподобие сатурнова кольца. Такое предположение наиболее удобным образом решало бы вопрос, почему на земле нет столь же большого числа следов падений. Но столь же возможно и то, что эти тела описывали самостоятельные, близкие к земной орбите пути вокруг солнца. Ибо ведь и землю можно себе представить образовавшейся таким же способом; тогда вещество земли и луны составляло бы одно единственное кольцо вокруг солнца, подобное кольцу малых планет только с гораздо более плотным распределением масс. При наступившем затем собирании вещества, вместо одной планеты могли образоваться две, при чем меньшая попала в сферу притяжения большей. Этим удовлетворено было бы требование некоторых астрономов, чтобы и земная луна, подобно лунам других планет, рассматривалась, как перехваченная своим центральным телом. На земле, гораздо большей по своим размерам и к тому же предохраняемой от излучения своей атмосферой, падения должны были вызвать гораздо более высокую температуру, которая гораздо дольше держалась, так что здесь и затухание процесса падений пришлось

еще на огненножидкую стадию развития и потому не могло оставить после себя никаких следов. Было бы преждевременно сказать теперь же что-нибудь окончательное об этих предположениях. Важно лишь заметить, что почти полное отсутствие больших кратеров падения на земле ни в каком случае не может быть использовано, как аргумент против объяснения лунных кратеров гипотезой падения.

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

	<i>Стр.</i>
1. Введение . . . . .	5
2. Критика гипотезы пузырей . . . . .	6
3. Критика гипотезы приливов . . . . .	9
4. Критика вулканической гипотезы . . . . .	11
5. Прежние изложения гипотезы падения . . . . .	22
6. Собственные опыты к гипотезе падения . . . . .	27
7. Метеоритный кратер в Аризоне . . . . .	37
8. Итоги . . . . .	39

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ.

Серия книг, издаваемая под общей редакцией А. Д. Архангельского, Н. К. Кольцова, В. А. Костицына, П. П. Лазарева и Л. А. Тарасевича.

При ближайшем участии в редакционной работе В. М. Арнольди, В. Ф. Кагана, Т. К. Молодого, В. В. Шарвина и Э. В. Шпольского.

### ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ:

1. К. Фаянс. Радиоактивность и современное учение о химических элементах. Перевод и дополнения Э. В. Шпольского.
2. Омоложение. Сборник статей под ред. Н. К. Кольцова.
3. Э. Резерфорд. Строение атома и искусственное разложение элементов. Подготовил к печати Э. В. Шпольский.
4. А. Вейль. Внутренняя секреция. Перевод Н. М. Гуляевой, под ред. Н. К. Кольцова.
5. Р. Гольдшмидт. Механизм и физиология определения пола. Перевод П. И. Живаго, под ред. Н. К. Кольцова.
6. В. Нернст. Мироздание в свете новых исследований. Перевод Г. С. Ландсберга.
7. П. П. Лазарев. Ионная теория возбуждения.
8. Э. Борель. Случай. Перевод под ред. В. А. Костицына.
9. А. Вегенер. Происхождение луны и ее кратеров. Перевод под ред. А. Д. Архангельского и В. А. Костицына.

### ПЕЧАТАЮТСЯ:

- Т. Морган. Структурные основы наследственности. Перевод под ред. В. Н. Лебедева.
- Э. Фрейндлих. Основы теории тяготения Эйнштейна. Перевод под ред. В. К. Фредерикса.
- С. Аррениус. Жизненный путь планет. Перевод под редакц. В. А. Костицына.
- Нильс Бор. Три статьи о спектрах и строении атомов. Перевод С. И. Вавилова.
- Ж. Перрен. Атомы. Перевод И. А. Соколова.
- В. Н. Любименко. Процесс синтеза в мире растений.
- Л. Ж. Гендерсон. Среда жизни. Перевод под ред. С. Н. Скадовского.
- Э. Борель. Пространство и время. Перевод под ред. Н. Н. Андреева.
- Ф. В. Астон. Изотопы.
- Т. И. Юдин. Евгеника.
- Э. Кречмер. Строение тела и характер. Перевод под ред. П. Б. Ганнушкина.
- М. В. Павлова. Причины вымирания животных в прошедшие геологические эпохи.
- Омоложение. Сборн. статей под ред. Н. К. Кольцова. Вып. 2.