

543.2
К 58

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ИЗВЕСТИЯ ГЛАВНОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

В ПУЛКОВЕ

Том XXIV, выпуск 4

№ 180

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

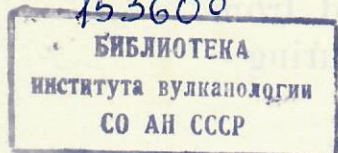


ЛЕНИНГРАД

Издание Главной астрономической обсерватории в Пулкове

1966

Библиографический журнал Вулканолюбов
543.2
К-59
153605
ср. абзур



М. Козарев

Спектральные исследования вулканических явлений на Камчатке

Н. А. Козырев

Настоящая статья представляет собой отчет экспедиции, организованной Пулковской обсерваторией летом 1962 г. для изучения вулканических явлений спектральным методом. Экспедицией были сняты спектры пламени и озера лавы вулкана Плоский Толбачик, а также спектры поглощения дымов вулканов Плоский Толбачик, Безымянный, Ключевский и фумарол кратера Былинкиной.

1. Важнейшей задачей познания свойств космического тела является изучение его жизни и истории этой жизни. Жизнь космического тела проявляется в эндогенных процессах, т. е. в процессах, причина которых лежит внутри тела. Эндогенные процессы могут происходить, если внутри тела существуют источники энергии. Светимость звезд позволяет непосредственно установить и измерить интенсивность этих источников. Для планет же об интенсивности источников энергии можно судить косвенно по частоте и интенсивности эндогенных процессов, происходящих на их поверхности.

Среди этих процессов легче всего обнаружить вулканические явления. Дело в том, что вулканические явления в какой-то степени должны влиять на характер спектра поверхности или атмосферы планеты. Поэтому существование вулканизма можно обнаружить и строго доказать спектральными наблюдениями. В этом смысле особенно интересны наблюдения Луны. Близость к нам Луны позволяет наблюдать спектры тонких деталей ее поверхности. Внезапное отклонение этих спектров от обычного спектра солнечного света, отраженного Луной, может обнаружить и позволить изучать вулканический процесс.

Спектральный метод, примененный к Луне, действительно позволил установить существование вулканических процессов и тем самым доказать существование внутренней энергии Луны. В настоящее время становится все более ясным, что вулканические явления существуют не только на Земле, Луне, но и на других планетах. Для выявления вулканических явлений по спектрам планет очень важно знать спектры пламени и дымов земных вулканов. Иными словами, необходимо изучение земных вулканов методами астрономических наблюдений.

Спектры поглощения дымов земных вулканов совершенно не изучены. Поражает также парадоксально малая изученность спектров пламени вулканов. Первая попытка Верхогена [1] снять спектр пламени вулкана Пиамурагира во время сильного извержения 1938 г. оказалась малоудачной. Только в 1959 г. надежные данные по спектроскопии земных вулканов получил Дельсемм [2], снимая спектр пламени вулкана Нирагонго в Африке. Экспонируя девять часов, Дельсемм получил превосходную, но единственную спектрограмму. При такой скудности материала совершенно очевидна необходимость дальнейших исследований спектров вулканических явлений Земли.

Руководствуясь указанными соображениями, Ученый совет Пулковской обсерватории поручил автору настоящей работы провести экспедицию для этих спектральных исследований в районе действующих вулканов Камчатки.

2. Экспедиция прибыла на Камчатку в г. Петропавловск 2 июля 1962 г. В это время активными были только вулканы Ключевской группы. Поэтому исходным пунктом работ была принята Вулканологическая станция в пос. Ключи. На Вулканологическую станцию экспедиция переехала 5 июля. Научное оборудование экспедиции состояло из двух спектрографов. Один спектрограф призмный, серийного изготовления АСП-9, с линейной дисперсией около 150 Å/мм у H_γ . Сокращение масштаба щели на пластинке составляло 5:6. Другой спектрограф с дифракционной решеткой имел дисперсию 75 Å/мм и предназначался для исследования красного конца спектров. Оба спектрографа могли быть попеременно скреплены с азимутальной головкой, установленной на легком деревянном штативе от теодолита. К обоим спектрографам присоединялась питающая система в виде насадки с объективом $f=30$ см. Проектируемое этой системой изображение могло рассматриваться на щели с помощью визирного микроскопа

2

с увеличением около 20 раз. На эту насадку могла быть надета еще короткая трубка в виде прямоугольного колена со вставленным внутри баритовым экраном под углом 45° к оптической оси системы. Предполагалось надевать эту трубку при получении спектра Солнца в качестве фотометрического стандарта. При этих снимках для получения шкалы щель спектрографа закрывалась ступенчатым ослабителем. Рис. 1 показывает, что призмный спектрограф на штативе был достаточно компактным и удобным для переноски. Все снимки предполагалось получать на пластинках Kodak OaF. (4/12)

8 июля наша экспедиция выехала верховыми лошадьми из Ключей в направлении Ключевского вулкана. 9 июля, проехав 75 км, к вечеру добрались до намеченной базы — избушки, расположенной у конца лавового потока кратера Апохончич. Здесь мы присоединились к отряду старшего научного сотрудника Вулканологического института Л. А. Башариной, изучавшему химический состав фумарол побочных кратеров Ключевского вулкана. Вместе с этим отрядом мы посетили кратеры Билюкай, Тиранус, Козей и Былинкиной.

Местность здесь представляет собой пустыню темного вулканического песка, чередующуюся с нагромождениями почти черных глыб застывших лавовых потоков. Эти лавовые потоки и глубокие каньоны, прорытые ручьями в вулканическом песке, очень затрудняли передвижение. В фумаролах кратеров выходил сравнительно холодный водяной пар. Только вдоль гребня кратера Былинкиной оказались расположенными горячие фумаролы. Фумаролы образовывали здесь завесу, вдоль которой оптическая толща могла быть достаточной для получения спектров поглощения. На обоих спектрографах с экспозициями от 1 мин. до 10 сек. были сняты спектры неба через фумаролы, небо рядом с ними и фотометрические шкалы. 13 июля вернулись на ст. Апохончич и вечером этого же дня призмным спектрографом сняли яркую зарю совершенно ясного неба через интенсивно выходящие дымы вулканов Ключевского и Безымянного. При ширине щели 0,03 мм экспозиции составляли 5—10 сек.

Вулкан Безымянный после исключительного по силе извержения 1956 г., когда грандиозным взрывом с образованием палящей тучи была уничтожена значительная часть кратера, продолжает еще сохранять свою активность. В центре разрушенного наполовину кратера происходит выдавливание купола вязкой андезитовой лавы. С боков купола обрушиваются горячие лавины, обнажающие раскаленную лаву, а по трещинам выделяются вулканические дымы. Эти особенности вулкана Безымянного могли быть чрезвычайно интересными с точки зрения спектральных исследований. Поэтому вместе с отрядом химиков Л. А. Башариной наша экспедиция посетила и вулкан Безымянный. 14 июля был разбит лагерь вблизи кратера Безымянного на высоте 1600 м. Сильный ветер, дождь и густая облачность, закрывавшая кратер, не позволили подойти к куполу так близко, чтобы сделать интересовавшие нас снимки. Неблагоприятная погода заставила нас покинуть кратер 17 июля и возвратиться на ст. Апохончич. 18 июля с утра вулкан Безымянный совершенно очистился от облаков и с этой станции были получены спектры его дыма. 19 июля дым Безымянного густой полосой проходил над ст. Апохончич через все небо. В этот же день вечером были сняты спектры поглощения выбросов дыма из вершины Ключевского вулкана.

Эмиссионные спектры пламени можно было надеяться получить, поднявшись на вершину вулкана Плоский Толбачик (3080 м). В кальдере Плоского Толбачика находится цилиндрический провал — жерло, на дне которого могло быть озеро расплавленной, особо жидкой лавы этого вулкана. В случае неудачи оставался бы еще вариант подъема на Ключевской вулкан. Однако подъем на вершину 4800 м мог оказаться чрезвычайно трудным и непосильным. Итак, рассчитывая на активность Плоского Толбачика, 20 июля мы выехали верхом со ст. Апохончич. Пройдя 60 км, 21 июля расположились в палатках вблизи Плоского Толбачика над речкой Тулут с чистой и прозрачной водой, сбегавшей со склонов этого вулкана. Вулкан не подавал никаких признаков активности. С 22 июля погода резко ухудшилась; пасмурные, холодные дни с дождями и густым туманом тянулись до 30 июля. Утешительным оказался только вечер 28 июля, когда над Толбачиком разошлись облака и были видны великолепные выбросы дыма, повторявшиеся с периодом около $1/2$ мин.

Вечером 30 июля прибыл экспедиционный отряд Вулканологической станции Ключей под руководством А. Н. Сирина. На следующий день рано утром открылась прекрасная видимость на Толбачик и окрестные горы. А. Н. Сирин отнесся к нам с большим вниманием и сочувствием, он сразу же сумел организовать наш выезд к Толбачику и помощь в дальнейшем подъеме. На лошадях поднялись по долине р. Тулута до ее истоков на отметке около 1600 м. Дальше надо было идти пешком. Вскоре внезапно густой туман и ветер заставили нас остановиться. Только вечером удалось продвинуться значительно выше, но по дороге были оставлены штатив от спектрографа, большая часть продуктов и снаряжения. Палатку ставили при сильнейшем ветре, который внезапно прекратился среди ночи. Облака разошлись и открылось звездное небо.

На следующее утро 1 августа из-за густой облачности видимость совершенно пропала. К счастью, это продолжалось недолго и через час ожидания удалось начать дальнейший подъем. Последняя часть пути на край кальдеры была очень трудной из-за льда и ураганного ветра, срывавшего фирновый снег. За краем кальдеры ветер оказался такой же силы. Только поставили палатку, как все окутала густая облачность. Сильнейшие порывы ветра продолжались до середины ночи, когда вдруг, как и накануне, наступила полная тишина. Стояла сухая морозная (-10°C) звездная ночь. В направлении к середине кальдеры поднимались огромные клубы багрового дыма, освещенные снизу отсветами лавы. Значит, надежды на активность Толбачика полностью оправдались!

Кальдера Толбачика, в которой мы находились, имела диаметр свыше 3 км. Цилиндрический отвесный провал (жерло вулкана), диаметром около 500 м и расположенный с южного края кальдеры, оказался в 300—400 м от нашей палатки. Эту ночь в кальдере мы были вдвоем с коллектором Вулканологической станции, учеником ключевской школы. Быстро приготовив спектрограф и пройдя по глубокому снегу, мы остановились у южного края провала в $2^{\text{h}}30^{\text{m}}$. Противоположная стена провала, покрытая натеками грязного льда, была ярко освещена небольшим озером расплавленной лавы диаметром около 3 м. Этот очаг среди остывшей лавы дна провала на глубине порядка 70 м был расположен с северо-западной стороны и казался ослепительно желтым, почти белым. Из него летели светящиеся брызги лавы и через 1—2 сек. с шипением вылетало синеватое, еле заметное пламя. Струйки освещенного дыма поднимались со дна провала завесой вдоль юго-восточной его стороны. Спектрограф, за отсутствием штатива расположенный на куске лавы, занимал слишком низкую позицию. Чтобы визировать на щель 0.03 мм были сделаны на одной пластинке четыре снимка: три лавового озера с экспозициями 20 сек., 5 и 2 мин. и один снимок освещенной стенки провала с экспозицией в 5 мин. Затем была поставлена другая кассета и снимки были повторены. В визирный микроскоп на щели были видны яркое озеро лавы, освещенная стенка провала и фонтан раскаленных камней, взлетающих на высоту 10—20 м и пересекавших щель спектрографа.

С восходом Солнца (2 августа) картина резко изменилась. Дым стал рассеивать солнечный свет и внутри провала ничего нельзя было видеть. Удушливый дым порывами подымавшегося ветра распространялся по кальдере. На двух пластинках, в $7^{\text{h}}00^{\text{m}}$ и $7^{\text{h}}30^{\text{m}}$, были сняты с экспозициями 5—10 сек. спектры диска Солнца через дым в те моменты, когда Солнце просвечивало не ярко, а как через законченное стекло. В $8^{\text{h}}05^{\text{m}}$ была надета насадка с баритовым экраном и получен через ступенчатый ослабитель спектр Солнца на совершенно ясном небе. В 9^h начали спуск и к середине дня возвратились в исходный лагерь на р. Тулут. 3 августа погода опять совершенно испортилась. За день под непрекращающимся дождем при температуре от $+6$ до $+4^{\circ}\text{C}$ доехали до ст. Апохончич, откуда на следующий день возвратились в Ключи — на Вулканологическую станцию. В Ленинград возвратились 8 августа. Снимки на Толбачике были проявлены в Пулково. Только снимки первой кассеты вышли удачными; во второй кассете они оказались вне фокуса.

3. Первый снимок спектра озера лавы Толбачика с экспозицией 20 сек. оказался сильно недодержанным. Другие три спектра (2, 3, 4) показаны на рис. 2. Они соприкасаются друг с другом без наложения. На верхнем и среднем снимках снизу получились сплошные спектры озера лавы. Сплошной спектр неравномерной яркости, видимый по всей высоте снимка, является спектром освещенного склона провала и пересекавших щель изображений раскаленных камней. На нижнем снимке получен спектр только стенки провала, без лавы. На этих трех снимках отчетливо видны эмиссионные линии спектра пламени по всей высоте щели.

Спектр лавы был фотометрически сравнен со спектром Солнца, полученным на Толбачике с помощью баритового экрана. Наиболее надежным оказалось сравнение в длинах волн: $\lambda_1 = 5500 \text{ \AA}$ и $\lambda_2 = 5000 \text{ \AA}$. Без поправки за поглощение атмосферой солнечного света получилась температура лавы: $T = 1275 \pm 20^{\circ}\text{K}$. Для этого сравнительно небольшого различия длин волн и при значительной высоте Солнца поправка за атмосферное поглощение, взятая из стандартных таблиц для высоты 3000 м, оказалась очень малой. С поправкой окончательное значение температуры озера лавы Толбачика получается равным 1262°K или $990^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}$. Несоответствие этой сравнительно низкой температуры со зрительным впечатлением ослепительно желтой (почти белой) лавы скорее всего объясняется малым телесным углом, под которым видно озеро лавы. При таком рассмотрении яркого объекта может не нарушаться общая адаптация зрения к сумеречному освещению, когда все кажется более голубым, чем при нормальном освещении.

В спектре пламени особенно яркой является желтая линия Na. Другие эмиссионные образования представляют собой характерные пары полос, найденные Дельсеммом в спектре пламени вулкана Нирагонго и отождествленные им с полосами хлористой меди CuCl . Все полосы CuCl имеют красное оттенение. На наших спектрах особенно выделяются три пары полос систем D и E

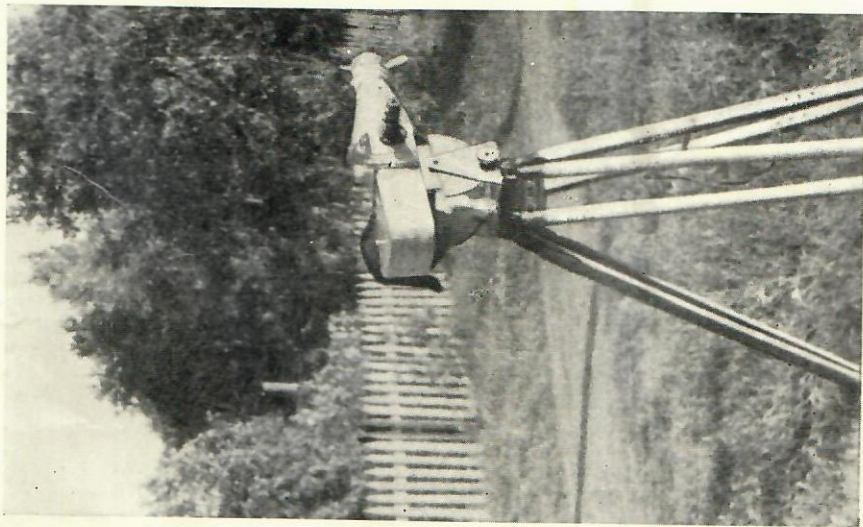


Рис. 1. Призмный спектрограф экспедиции на территории Вулкано-логической станции в Ключах.

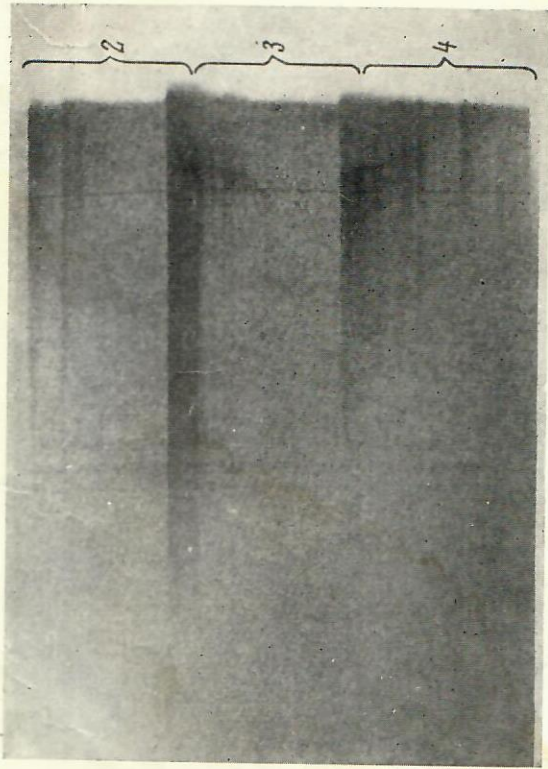


Рис. 2. Спектры пламени и озера лавы в кратере вулкана Плоский Толбачик.

(CuCl), головы которых имеют следующие длины волн:

4436 D 4358 D 4284 D
4413 E 4334 E 4260 E

Все полосы системы D значительно ярче полос E. Заметна еще слабая пара:

4519 D

4494 E

Почти посередине между этими полосами и линией Na можно заметить слабые полосы систем В и С (CuCl):

4985 В 4885 В

4948 С 4851 С

В спектре пламени Нирагонго Дельсемм перечисляет еще длинноволновые полосы системы А (CuCl) с интенсивностью, не уступающей интенсивности полос В. В нашем же спектре эти полосы совершенно отсутствуют.

По-видимому, пламя Нирагонго имело более низкую температуру, чем пламя Плоского Толбачика. Чрезвычайно интересно, что полосы CuCl, как эмиссионные образования, хорошо видны и в проекции на сплошной спектр озера лавы. Этот же эффект, только значительно слабее, получается и у линии Na. По закону Кирхгофа отсюда следует, что температура пламени была выше температуры лавы. Это обстоятельство доказывает существование экзотермических реакций в газовых выходах, что отмечалось в Гавайских вулканах, имеющих большое сходство с Плоским Толбачиком [3]. К этому же типу вулканов относится и Нирагонго. Из-за этого сходства неудивительно, что спектры пламени Плоского Толбачика и Нирагонго оказались очень похожими. Разница заключается только в указанной выше более низкой температуре Нирагонго и в существовании там любопытного континуума от 6600 до 5600 Å, который совершенно отсутствует в спектре пламени Толбачика. По-видимому, из-за этого континуума пламя Нирагонго казалось желтым, а не синим, как у Толбачика.

Снятые в кальдере Толбачика спектры Солнца через дым вулкана позволили определить кривую зависимости коэффициента поглощения дыма от длины волны. Эта кривая показана в нижней части рис. 3. Здесь по оси ординат отложены логарифмы яркости Солнца через дым по отношению к яркости Солнца вне дыма, т. е. величины, пропорциональные коэффициенту поглощения с обратным знаком. Замечательной особенностью кривой является резкое изменение прозрачности в сравнительно небольшом интервале длин волн от 5200 до 4500 Å, после чего в коротких волнах прозрачность остается почти неизменной.

Такой ход прозрачности может служить ключом к пониманию особенностей спектра кратера Альфонс на Луне, наблюдавшихся 23 октября 1959 г. [4]. На спектрограмме центральной части кратера Альфонс получилось замечательное различие в характере сплошного спектра для длин волн короче и длиннее 5500—5300 Å. Это различие схематически показано на рис. 3. В желтых и красных лучах, помимо спектра центрального хребта с узкой тенью, выделяется очень узкая деталь (~1 км), яркость которой нарастает в длинноволновую сторону спектра. Возможно, что эта деталь является потоком лавы с температурой 900—950°С. В синих лучах нет этих подробностей и виден только широкий яркий спектр с широкой тенью. Скорее всего этот яркий спектр и тень образованы частицами выброшенного дыма.

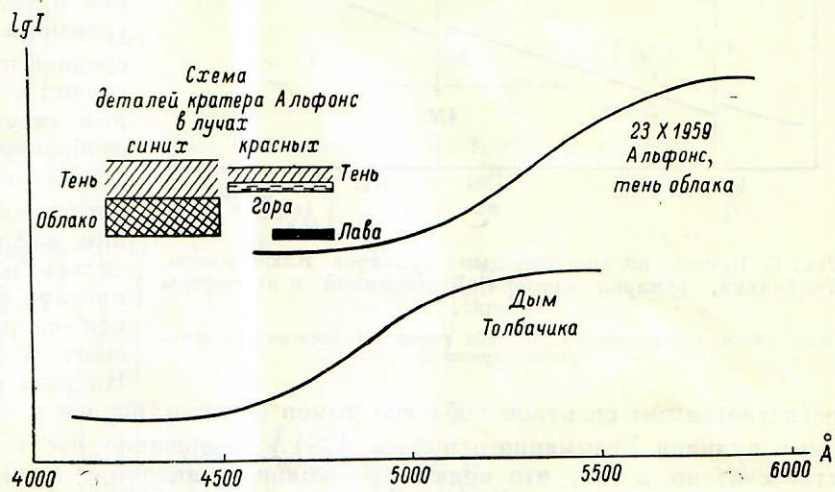


Рис. 3. Кривые поглощения дыма Плоского Толбачика и яркости тени, наблюдавшейся в кратере Альфонс на Луне 23 октября 1959 г.

Измеряя вдоль спектра яркость этой тени, можно получить зависимость коэффициента поглощения дыма от длины волны. Эта зависимость представлена кривой в верхней части рис. 3. Получилось большое сходство с соответствующей кривой дыма Толбачика. В обоих случаях возрастание поглощения происходит только в небольшом интервале длин волн порядка 500—700 Å. Хотя в спектре кратера Альфонс этот интервал и сдвинут на 500 Å в красную сторону по отношению к его положению в спектре дыма Толбачика, такое различие едва ли является принципиальным и связано, вероятно, с некоторым различием свойств этих дымов. Таким образом, произведенное сопоставление спектров говорит о том, что 23 октября 1959 г. в кратере Альфонс происходило настоящее вулканическое извержение, похожее на извержение земных вулканов.

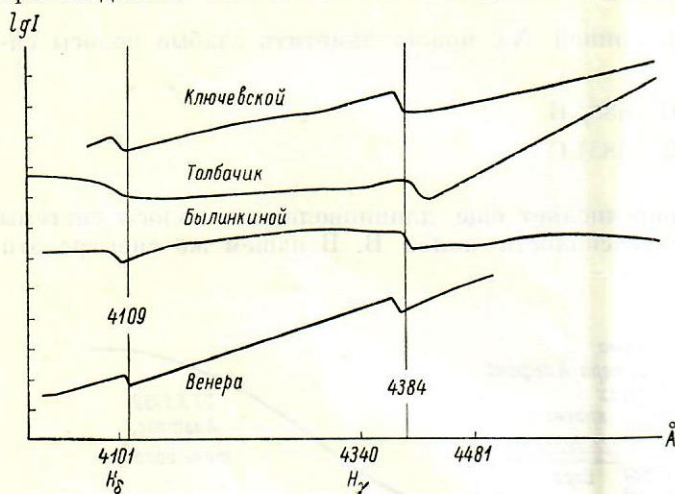


Рис. 6. Кривые поглощения дыма вулканов Ключевского, Толбачика, фумарол кратера Былинкиной и атмосферы Венеры.

Одно деление вертикального масштаба равно 0.1 десятичного логарифма яркости.

регистрограммы спектров неба вне дымов (кривые первая и третья). Интересно, что в спектре дыма вулкана Безымянного полоса 4384 Å совершенно отсутствует. Вероятно, это обстоятельство связано с тем, что вулкан Безымянный является вулканом существенно другого типа. Например, по данным Л. А. Башариной, в его выходах отсутствуют галоидные соединения.

Существование полосы около 4384 Å подтверждается подробным фотометрическим вычитанием из спектров дыма спектров сравнения. В результате этого вычитания получились гладкие кривые, на которых, помимо полосы 4384 Å, заметна еще совершенно подобная, но более слабая полоса около H_{δ} с кантом 4109 Å (рис. 6). Поразительно, что как раз во всем сходные полосы были обнаружены автором [5] в спектре дневной стороны Венеры, а затем и в спектре земной атмосферы с положением кантов: 4382 Å и 4109 Å. Кривая спектра Венеры по наблюдениям в октябре 1953 г., полученная по отношению к спектру Солнца, показана внизу рис. 6.

Допустим, что оптическая толща молекул, создающих эти полосы, пропорциональна $N^{2/3}$ где N — полное число молекул в столбе по лучу зрения. Тогда из кривых рис. 6 и спектров Веге у горизонта [5], снятых в Крымской обсерватории, следует, что этих молекул в выбросах дыма вулканов было раз в шесть больше, чем в атмосфере Венеры в октябре 1953 г. и раз в пятьдесят больше, чем в атмосфере Земли в октябре 1954 г. Надо полагать, что присутствие этих молекул в атмосфере Земли поддерживается вулканической деятельностью. Весьма знаменательно, что американские астрофизики [6-8] в спектре Венеры не нашли и следов полос 4382 и 4109 Å. Скорее всего отсюда следует большая переменность их интенсивности со временем. Но такая переменность и должна наблюдаться, если эти полосы действительно являются признаком вулканической деятельности. Таким образом, сопоставление спектров дыма земных вулканов со спектром Венеры с большим вероятием указывает на сильную вулканическую активность этой планеты.

В заключение необходимо заметить, что для строгого вывода о существовании вулканических явлений по наличию полос 4382 и 4109 Å необходимо отождествить молекулу, создающую эти полосы. При отождествлении молекулы наводящим признаком может быть отсутствие этих

В спектре Солнца, снятого через дым Плоского Толбачика, получилась еще одна интересная особенность, заметная на регистрограмме рис. 4. На этом рисунке средняя кривая является регистрограммой спектра Солнца через дым Толбачика, а верхняя и нижняя кривые являются регистрограммами спектра Солнца вне дыма. На средней кривой, около линии 4384 Å, виден скачок в ходе непрерывного спектра, который отсутствует на других кривых. Такая особенность спектра указывает на существование в спектре дыма Толбачика полосы поглощения с головой около 4384 Å и с резким фиолетовым кантом. Эта полоса получила и в спектре поглощения фумарол кратера Былинкиной (вторая сверху кривая на рис. 5), и в спектре дыма Ключевского вулкана (четвертая кривая рис. 5).

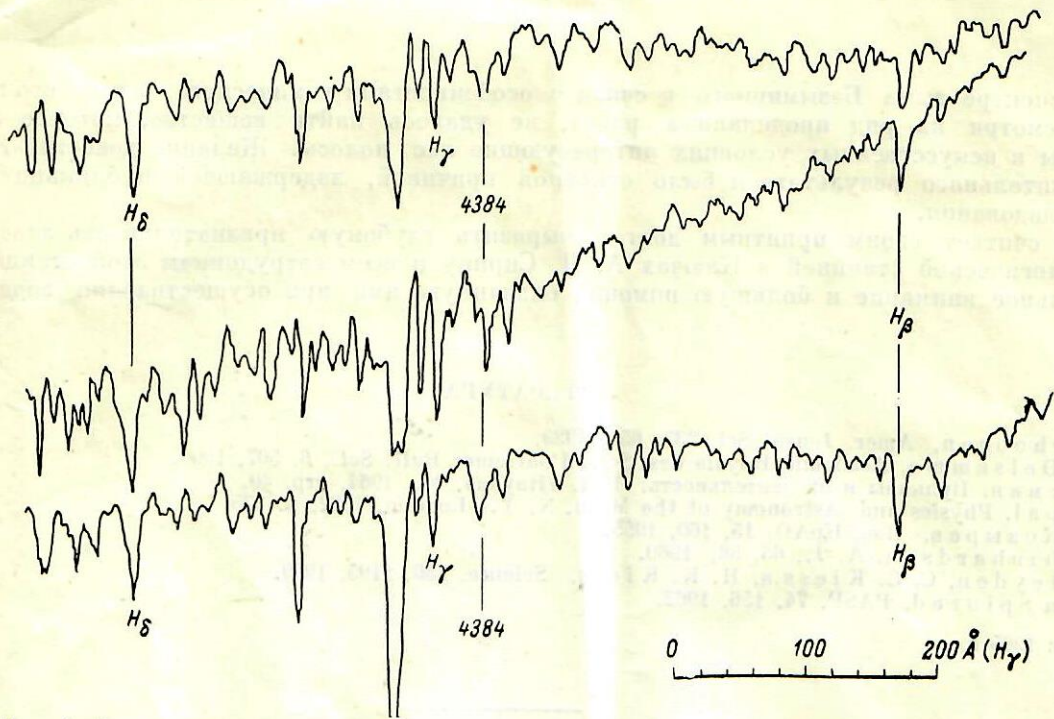


Рис. 4. Регистрограммы спектров Солнца, снятых через дым Плоского Толбачика (средняя кривая) и вне дыма (верхняя и нижняя кривые).

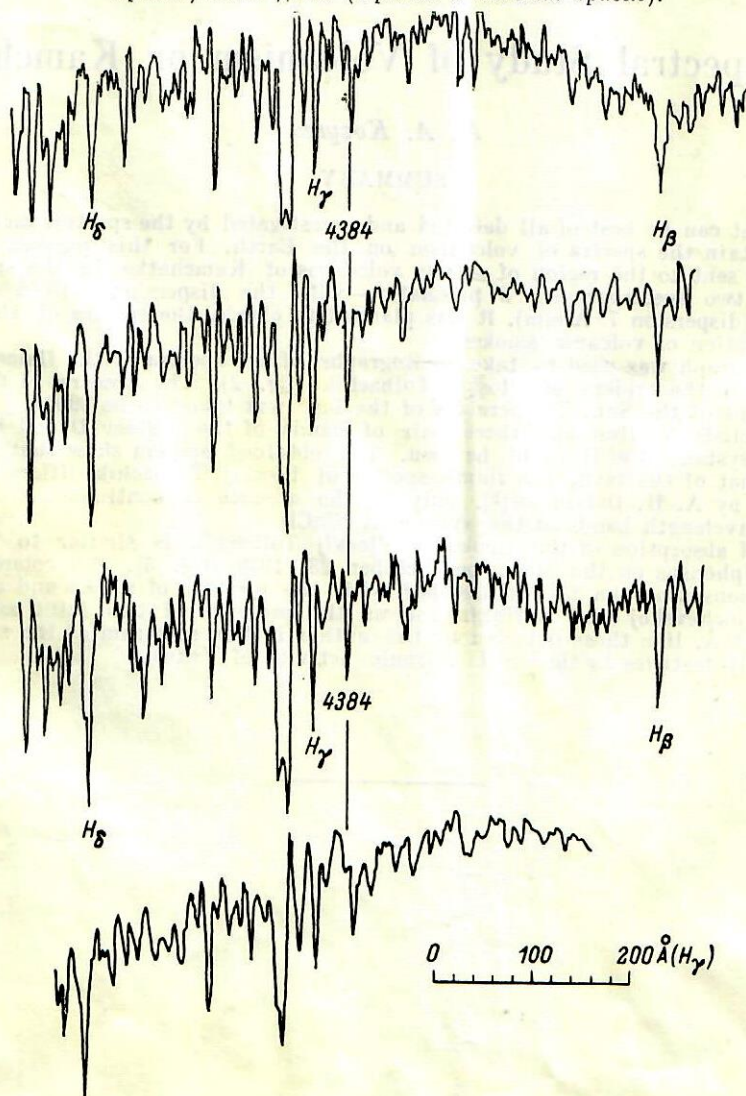


Рис. 5. Регистрограммы спектров неба, фумарол кратера Былинкиной, еще раз неба и дыма Ключевского вулкана.

полос в спектре дыма Безымянного в связи с особенностями химического состава его газов. Однако, несмотря на ряд проделанных работ, не удалось найти вещество, которое воспроизводило бы в искусственных условиях интересные нас полосы. Желание довести эти работы до положительного результата и было основной причиной, задержавшей публикацию настоящего исследования.

Автор считает своим приятным долгом выразить глубокую признательность заведующему Вулканологической станцией в Ключах А. Н. Сирину и всем сотрудникам этой станции за исключительное внимание и большую помощь, оказанную ими при осуществлении задач экспедиции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] J. Verhoogen, Amer. Journ. Sci, **237**, 656, 1939.
- [2] A. H. Delsemme, Academie Royale des Sci. d'outremer Bull. Sci., **6**, 507, 1960.
- [3] А. Ритман. Вулканы и их деятельность. Изд. «Наука», М., 1964, стр. 40.
- [4] Z. Kopal. Physics and Astronomy of the Moon. N. Y.—London, 1962, p. 375.
- [5] Н. А. Козырев. Изв. КрАО, **15**, 160, 1955.
- [6] E. H. Richardson, A. J., **65**, 56, 1960.
- [7] F. S. Heuyden, C. C. Kiess a. H. K. Kiess, Science, **130**, 1195, 1959.
- [8] Hyron Spiurad, PASP, **74**, 156, 1962.

Июнь 1965 г.

The Spectral Study of Volcanism on Kamchatka

N. A. Kozyrev

SUMMARY

Volcanism on a planet can be best of all detected and investigated by the spectral method. For the comparison it is necessary to obtain the spectra of volcanism on the Earth. For this purpose the expedition of the Pulkovo astronomers was sent to the region of acting volcanoes of Kamchatka in the summer 1962. The expedition was equipped with two spectrographs: a prismatic—with the dispersion $\sim 150 \text{ \AA/mm}$ at H_{γ} (fig. 1) and diffraction spectrograph (dispersion 75 \AA/mm). It was planned to obtain the spectra of the volcanic flames and also the spectra of absorption of volcanic smokes.

The prismatic spectrograph was used to take photographs of the spectra of the flame and the lava lake at the bottom of the crater in the caldera of Ploskij Tolbachik (fig. 2). The spectra of the lava were compared photographically with that of the Sun. Temperature of the lava was found to be $990^{\circ} \text{C} \pm 20^{\circ} \text{C}$. In the flame of the lava there were detected: Na line and three pair of bands of the system D and E of CuCl. Beside this, faint bands of B and C systems (CuCl) could be seen. The obtained spectra show that the temperature of the flame was higher than that of the lava. The flame spectra of Ploskij Tolbachik differs from the flame spectra of Nyiragongo, obtained by A. H. Delsemme [2], only by the absence of continuous emission in the region of $6600\text{--}5600 \text{ \AA}$ and long wavelength bands of the system A (CuCl).

The spectral curve of absorption of the smoke of Ploskij Tolbachik is similar to the brightness curve of the cloud observed in Alphonsus on the Moon on October 23, 1959 (fig. 3). This comparison give evidence of volcanic activity of Alphonsus on the 23d of October with the ejection of smoke and ash. The smoke spectra of Ploskij Tolbachik, Kljuchevskoj and Bylinkina shows the presence of two faint bands of absorption with violet edges 4384 and 4109 \AA , like those detected by the author in the spectrum of the sun-lit side of Venus [6] (fig. 4). This fact possibly testifies to the great volcanic activity of Venus.
