

В. И. ВЛОДАВЕЦ

ПРОБЛЕМА ТУФОЛАВ И ИГНИМБРИТОВ

(Лаборатория вулканологии АН СССР)

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы геологическая общественность как в нашей стране, так и за рубежом, проявляет большой интерес к проблеме туфолав и игнимбригов и их генезису. Как известно, во многих вулканических областях обнаружены горные породы, о генезисе которых и до сих пор нет полной ясности. Эти породы носят различные названия, но наиболее распространенными являются туфолавы, игнимбриги и сваренные туфы. Высказанные по поводу их происхождения мнения можно объединить в три гипотезы: обычная туфовая, гипотеза раскаленного песчаного ливня и гипотеза лавового потока.

Особенно интенсивная дискуссия развернулась между сторонниками последних двух гипотез, т. е. раскаленного песчаного ливня и лавового потока.

Обычно гипотезу лавового потока связывают с именем Абиха, а гипотезу раскаленного песчаного ливня — с Маршаллом, но они имели своих предшественников.

Гипотеза П. Маршалла (Marshall, 1935), принятая у нас Заварицким, имела большой резонанс. Повсюду, особенно в областях проявления кайнозойского вулканизма, начали «искать» игнимбриги. Началась проверка многих прежних представлений о происхождении риолитовых пластов, особенно в Северной Америке, Японии и в некоторых других странах, и многие из них были отнесены к игнимбригам или точнее к сваренным туфам, как предпочитают называть подобные породы многие американские и японские авторы.

Игнимбриги, или сваренные туфы, были обнаружены во многих местах не только в кайнозойских, но и среди более древних геологических образований. Интерес к ним не затухает и поныне. В библиографии, составленной Е. Ф. Куком и вышедшей из печати в 1959 г., приведено 274 работы, преобладающее число которых имеет прямое отношение к туфолавам и игнимбригам. Но уже и после опубликования упомянутой библиографии вышел из печати ряд статей, посвященных этой проблеме, среди которых следует особо отметить работы А. Штейнера (Steiner, 1960) «Происхождение игнимбригов на Северном острове Новой Зеландии — новая петрогенетическая концепция» и Роберта Л. Смита (Smith, 1960) «Потоки вулканического пепла».

Приводимые в работах многих авторов взгляды и гипотезы относительно происхождения туфолав и игнимбригов имеют уязвимые места, которые возникали и возникают главным образом вследствие того, что никто не

видел самого извержения, в результате которого образовались бы игнимбриды или туфолавы. Только в последнее время стало известно, что во время извержения вулкана Асама в Японии в 1783 г., которое наблюдалось человеком, образовались сваренные туфы.

Проблема происхождения туфолов и игнимбридов разрослась в большую интересную и важную проблему, поэтому, чтобы устранить возникавшие и возникающие противоречия в ней и тем самым приблизиться к ее разрешению, необходимо продолжать всестороннее ее изучение. Это тем более важно, что с некоторыми древними игнимбридами связаны месторождения полезных ископаемых. Надо полагать, что не только полевые исследования туфолов и игнимбридов, но и проведение экспериментальных работ в этой области могут помочь в разрешении этой проблемы.

Ниже кратко излагаются некоторые стороны этой проблемы.

О ТЕРМИНОЛОГИИ

В отношении терминологии туфолов и игнимбридов в литературе существует полный хаос — их называют пиперно, пеперини, эвтаксит, туфовая лава, туфолава, псевдолава, игнимбрид, реоигнимбрид, псевдоигнимбрид, сваренный туф, сваренная лава, сваренная грязевая лава, Асо-лава, хаи-иси (пепловый камень — эвтакситовый сваренный туф Асо), сирасу (белый песок — мощная куча несваренного песка и мельчайших лапилли, целиком побелевших, находящихся в кальдере Айра), расплавленный туф, слёкшийся туф, сиельяр, вильсонит, овароит.

Кроме того, некоторые авторы, описывая их, применяют следующие названия: отложения песчаного потока, пемзового потока, шлакового потока, туфового потока, игнимбридового потока, раскаленного туфового потока, горячего пеплового потока, газовой-пеплового потока, частично глыбового и пеплового потока, пирокластического потока, частично горячей лавины, частично сент-винсенского вертикального типа, пелейской раскаленной тучи, катмайской раскаленной тучи, типа Долины Десяти Тысяч Дымов, типа Безмяяного, осевшей пены, осевшей пемзы.

Такая многочисленная и нечеткая терминология говорит как о сложности и многообразии подобных образований, так и о еще сравнительно малой их изученности.

Действительно эти образования часто представляют весьма сложную картину, разобраться в которой бывает очень трудно. Для примера приведу описание Т. Матумото, Т. Исикава и М. Минато (Matumoto, Ishikawa, Minato, 1956) «Термин Асо-лава первоначально был дан обсидиану — или пемзусодержащей, пиперноподобной, эвтакситовой или сваренной грязевой лаве, обнаруженной вдоль вершины соммы. Тем не менее там встречались отдельные типы сваренного туфа или грязевой лавы. Матумото нашел, что все разнообразные виды грязевой лавы, такие как чистая лава, агломератовая лава, лавовый агломерат, пемзовый туф и даже напластованная пирокластика происходят из одного и того же вулканического вещества. Вообще говоря, эвтакситовая лава является смесью лавовых глыб, кусков обсидиана, осколков пемзы, лапилли и пепла, отчасти чуждого происхождения и частично включающие даже обломки осадочной горной породы; все они часто полностью переходят одна в другую и, как ни странно, даже от вулканической горной породы до водно-осадочной горной породы, образуя единое геологическое тело. Как крайний случай, хотя и редкий, в обнажениях видно, как обсидиановый поток переходит в хорошо напластованный пизолитовый слой; постепенно, но полностью они переходят один в другой в пределах по вертикали только одного метра».

Из приведенного видно, насколько сложна эта проблема.

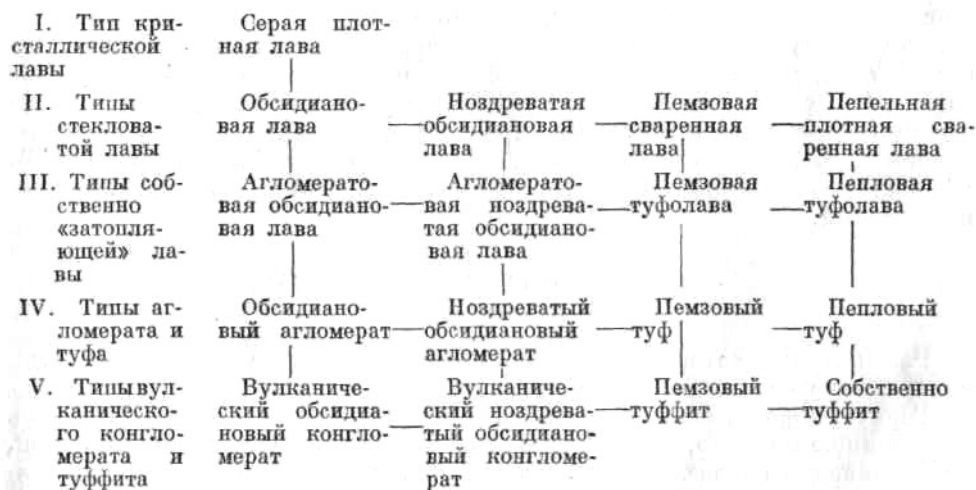
Возвращаясь к терминологии, необходимо отметить, что были произведены попытки подразделить игнимбриты и игнимбритоподобные образования и их классифицировать.

Маршалл (1935) делит игнимбриты на три группы: пульверулиты, лентикулиты и лапидиты. Каждую из них он подразделил на разновидности: стекловатую, радиальную, гребенчатую и перистую. Последняя, т. е. перистая, разновидность не наблюдалась только у лентикулитов. Упомянутые подразделения на разновидности произведены по степени и типу вторичной в них кристаллизации.

Штейнер (Steiner, 1960) подразделял игнимбриты только на пульверулиты и лентикулиты, выделив в каждой из них следующие разновидности: стекловатую, радиальную до сферолитовой и гребенчатую до аксиолитовой. Штейнер не включил в свою классификацию лапидитов, так как они, по его мнению, представляют собой пульверулиты с большим количеством ксенолитов.

Вейл (Weyl, 1954) подразделил игнимбриты на три главные типа, которые образуют все возможные взаимные между собой переходы: а) рыхлый горячий туф, представляющий рыхлую неслоистую, без сплавления и кристаллизации составных частей породу, образовавшуюся из отложений типа Пеле и Суфриера; б) кристаллизационный туф, отвердевшая благодаря эндогенным пневматолитовым процессам перекристаллизации порода (тип сиельяр); в) сплавленный туф, отвердевшие благодаря оплавлению стекловатых черепков отложения горячего туфа (тип — сваренный).

Матумото, Исикава и Мпато (1956) предложили схему переходных образований между различными типами сваренных лав и сваренных туфов. В этой схеме они выделяют 5 главных типов этих пород, из которых только отдельные породы II и III типов относятся к игнимбритам и туфолавам.



В приведенном выше описании японские авторы применяют термин «грязевая лава» в смысле «огненная лава», покрывающая и выполняющая неровности рельефа, подобно грязевому потоку. Термин грязевая лава является неудачным, искажающим наши представления, поэтому его следует заменить словами «затопляющая лава».

Не приводя определения игнимбрита, данного Маршаллом как широко известного, остановлюсь на двух определениях, данных в последние годы.

Кук (Cook, 1959) определяет игнимбриты как несортированные пирокластические отложения, происшедшие, вероятно, от пелейской раскаленной тучи. Игнимбрит, по Куку, может образоваться из туфа или туфобрекчии и может быть сваренным, частично сваренным и несваренным.

С таким определением «игнимбрита» нельзя согласиться, так как оно является скорее обобщающим термином игнимбритсодержащего потока, а не горной породы.

Другое определение напечатано в «Геологической номенклатуре», составленной по разделу вулканологии М. Науманн ван Паданг, Б. Жез, Ж. Ричарсоном, Ж. Гогуель, Ховел Уильямсом, Г. Макдональдом, А. Риттманном, Г. Хантке и Г. Мартином и изданной Голландским геолого-минералогическим обществом под редакцией А. Шифердекера в 1959 г. В группе пирокластика дано следующее определение горной породы, именуемой и напечатанной жирным шрифтом—игнимбрит. «*Игнимбрит* — сваренный туф; туфолава; сиельяр (Перу) обычно, неслоистый, главным образом (но не обязательно) риолитовый, пемзусодержащий стекловатый туф, иногда содержащий ксенолиты. Он происходит из раскаленных туфовых потоков, отложившихся на поверхности земли, когда частицы стекла были еще в пластическом состоянии.

Игнимбриты, обычно, характеризуются: а) значительной мощностью, большим площадным распространением и плоской платоподобной поверхностью; б) развитием столбчатой отдельности как результат сжатия во время охлаждения; в) вторичной кристаллизацией, например, полевого шпата и тридимита, образующихся в результате позднемагматического пневматолитового воздействия; г) стеклянными черепками, изогнутыми вокруг обломков кристаллов, например, кварца и полевого шпата; д) существованием в некоторых случаях подобия структуры течения, образующейся в результате параллельного расположения более крупных стеклянных частиц». В конце—ссылка на Уестервельда (Westerveld, 1953). Это его определение, но принимали участие в составлении этого словаря упомянутые лица. По-видимому, все они или некоторые из них согласны с таким определением, в котором поставлены знаки равенства между игнимбритами, сваренными туфами, туфолавами и сиельярами. Эти термины даются как синонимы, что в корне неверно, так как они различны и по своему содержанию, и по генезису. С этим определением, как и с определением Кука, нельзя согласиться, ибо, как пишет А. Штейнер (1960): «Существуют игнимбриты и игнимбриты», т. е. игнимбриты разного происхождения.

ГИПОТЕЗЫ О ГЕНЕЗИСЕ ТУФОЛАВ И ИГНИМБРИТОВ

Рассмотрим некоторые взгляды и гипотезы. Сначала рассмотрим гипотезы лавового происхождения туфолав.

Горную породу, обнажающуюся в местности Соккава вблизи Неаполя и названную пиперно, Леопольд Бух считал без всякого сомнения лавой. Ныне пиперно определяют как сваренный трахитовый пепловый туф, характеризующийся прослойками выровненных стеклянных комков (фьямме).

Породы Армении были отнесены Абигом (1882) к особым лавовым породам, которые он назвал туфовыми лавами.

Этот взгляд был принят Ф. Ю. Левинсон-Лессингом (1928).

Лякруа (Lacroix, 1930) и примкнувшие к нему Бекк и Робертсон (Beck a. Robertson, 1955) катмайский поток новозеландских игнимбритов относят в лавам, богатым газами, которые вскипали, подобно молоку, и вытекали из жерла вулкана в виде вспенившихся пузыристых масс. Во время течения по земной поверхности такой лавовой пены образовывались

комки более плотной лавы, которые оседали, скопляясь, преимущественно, в нижних частях потока, и сама лавовая пена в целом во время движения уплотнялась и становилась более или менее плотной породой. Почти аналогичный взгляд был высказан Кеннеди (Kennedy, 1955) относительно происхождения иеллоустонских псевдо-сваренных туфов как пород, образовавшихся из потока пены.

Грэндж (Grange, 1934) предложил гипотезу лавового потока в обычном смысле. Его доказательства существенно основывались на: а) интрузивных взаимоотношениях между двумя игнимбритами в Уайкино в Новой Зеландии (хотя Дж. Хили оспаривает это мнение и считает, что там наблюдается нормальный эрозионный контакт между более молодыми и более древними игнимбритами); б) нахождении горизонтальных линз с растрепанными концами, сливающимися с окружающей основной массой; в) присутствии микролитов, расположенных по линиям потока; г) образовании комков и линз, происходящих от растягивания при течении полосатой лавы (подобный же взгляд был высказан Д. С. Белянкиным, 1952).

В. И. Влодавец (1953, 1957), исходя из несколько различного состава линз (риолито-дацитового) и основной массы (дацитового) в семячковых туфолавах, предполагает предварительную дифференциацию в канале вулкана, в результате которой образовалась в верхней части канала риолито-дацитовая лава, переходящая книзу в дацитовую. Последовавшие взрывы вызвали перемешивание этих лав, их выжимание и излияние на поверхность земли. В этих же статьях не отрицается образование туфолав и другими способами, а именно, вскипанием лавы, подобно молоку, предложенный Лякруа, и из полосатой лавы, предложенный Грэнджем.

Сущность взгляда В. П. Петрова (1957) заключается в том, что обсидиановый поток, богатый водой, при излиянии на земную поверхность в верхней своей части вспучивается и превращается в пузыристую пемзобразную массу.

Штейнер (1960), исходя из наличия в образцах совершенно свежего игнимбрита двух стекол в мезостазице, отличающихся показателями преломления, и учитывая повышенное содержание воды, а также разные ее количества в линзах и в цементе, объясняет образование игнимбритов несмесимостью жидкостей, т. е. ликвацией, которая произошла не в процессе магматической дифференциации родоначальной магмы, а является свойством игнимбритовой магмы расщепляться на две несмешивающиеся жидкости в процессе движения к земной поверхности и по ней. Штейнер считает, что присутствие двух сосуществующих несмесимых жидкостей вызывает ламинарное течение, при котором, благодаря дифференциальным движениям двух различной вязкости жидкостей, образуются клочья и линзы с растрепанными концами. Для таких весьма текучих потоков, состоящих из «двухжидкостной лавы» кислого состава, он предложил название «игнимбритовый поток» в противоположность более вязким риолитовым потокам. Породу же риолитового состава, содержащую две фазы стекла и показывающую определенно флюидальную структуру, Штейнер рассматривает как переходную между риолитами и игнимбритами. Наличие последних, т. е. двух стекол в риолитах, является одним из доказательств образования игнимбритов в процессе течения. Игнимбриды произошли, по мнению Штейнера, только таким путем. Размещение игнимбридов, по его мнению, не связано с горячими тучами и пепловыми извержениями, а связано с существованием особого типа относительно богатой водой игнимбритовой магмы. При содержании в ней не более 2-3% воды происходят спокойные извержения, при большем содержании они становятся более сильными, более эксплозивными.

Извержения кислой магмы Штейнер разделяет на четыре главных типа: риолитовые потоки, горячие тучи, пепловые и пемзовые линзы.

Взаимоотношения между этими главными типами извержений кислой магмы приведены в нижеследующей таблице Штейнера.

Продукты извержений	Приблизительное количество воды, содержащейся в магме	Пресыщение водой		Тип извержения
		степень	скорость	
Обсидиан Риолит Игнимбрит	плотные 1—3%	Нулевая	Нулевая	Вязкая лава с одной жидкой фазой Флюидальная лава с двумя несмешивающимися жидкостями
		Умеренная	Малая	
Отложения горячей тучи	неуплотненные >3%	Значительная	Средняя	Различные типы горячих туч, раскаленные лавины
Пепел и пемза				

эффузивный
экспозивный

Для горных пород, макроскопически похожих на игнимбрит, но не обладающих витрокластическиподобными структурами, Штейнер предлагает название «псевдоигнимбрит». Термин же «игнимбрит» он предлагает сохранить, но понимать его в петрографическом, а не генетическом смысле.

Таким образом, Штейнер рассматривает игнимбрит как лавовую породу, образовавшуюся путем ламинарного течения двух несмешивающихся жидкостей.

Заканчивая краткий обзор гипотез лавового потока, необходимо отметить, что главными возражениями, которые высказываются многими исследователями, против этих гипотез являются следующие хорошо известные факты: обсидианы и риолиты обладают большой вязкостью и не могут течь на расстояние многих или даже нескольких километров и широко растекаться, образуя обширные пласты, характерные для игнимбритов; постепенные изменения в вертикальном и горизонтальном направлениях в витрокластическиподобной структуре и наличие обломочной структуры, обычно в верхних частях игнимбритовых пластов.

Рассмотрим взгляды на игнимбриты и игнимбритоподобные породы как на отложения раскаленного песчаного или пеплового потока, т. е. как первично пирокластические образования.

Дель-Эрба (Del Erba, 1892) считал, что пиперно образовалось вследствие следовавших один за другим выбросов пепла и тестообразных комков лавы. Тепло, еще сохранившееся в отложениях пепла и комков лавы, вызвало в них контактовый метаморфизм, в результате которого образовались более или менее плотные породы типа пиперно.

Дзамбонини (Zambonini, 1919) высказал мнение, что пиперно образовались в результате пелейского типа извержений.

Близкой к этому взгляду является гипотеза Маршалла. Сущность ее заключается в том, что во время извержения, подобного катмайскому, была выброшена масса раскаленного песка, температура которого была выше 960°. Эти раскаленные песчинки сплавлялись и образовывали подобие лавы.

Взгляд Рейнольдса (Reynolds, 1954) основан на учете процесса флюидизации, применяемого в химической промышленности и могущего быть

использованным при толковании некоторых геологических явлений и, в частности, в образовании туфовых потоков и игнимбритов.

Процесс флюидизации заключается в том, что при продувании газа через слой тонкозернистых твердых частиц отдельные частицы становятся способными двигаться. С увеличением скорости газового потока образуется фаза пузырьков и движущихся сквозь расширяющийся слой твердых частиц. При еще большем увеличении скорости газового потока газы двигаются как пузырьки, содержащие во взвешенном состоянии твердые частицы, и в конце концов они полностью вовлекают все твердые частицы и переносят их газом.

При сравнении процесса флюидизации с раскаленными тучами очевидно, что он почти аналогичен известному эруптивному процессу на Сент-Винсенте, описанному Андерсоном и Флеттом (Anderson a. Flett, 1903). Гипотеза Рейнольдса в отношении образования игнимбритов не дает ничего нового.

Т. Матумото считает, что игнимбритоподобные горные породы в кальдере Асо образовались в результате извержений раскаленных туч, но значительно более сильных и большего масштаба, чем во время извержения Пеле в 1902 г. Благодаря значительной мощности, достигавшей в глубоких оврагах до 200 м (а в Сикоту на о-ве Хоккайдо — до 300 м), температура огромных масс пирокластики не должна понижаться так быстро и даже наоборот, — тепло внизу может аккумулироваться и вызвать небольшие вторичные извержения, в результате которых образуются крошечные пепловые конусы. Несколько позже произошло извержение менее жидкой лавы, которая текла на уже нагроможденные отложения пирокластики, полностью или частично смешиваясь с ней и расплавляя ее, образовала несколько типов сваренных «затопляющих» лав.

По представлению Е. Каролусовой-Кочишаковой (Karolusova-Kocisakova, 1958) игнимбриды образуются из пеплоподобных частиц стекловатой лавы, перенесенных ветром и отложившихся в воде. Трудно себе представить образование игнимбритов таким путем.

Наконец, остановимся на взгляде А. Риттманна (Rittmann, 1960) о происхождении игнимбритов. По его мнению, они образуются в результате перехода перенасыщенной газами анатекситовой магмы в пироматму, причем только в тех случаях, когда нарушение равновесия между внутренним и внешним давлением пироматмы происходит вблизи земной поверхности.

Это очень интересно и важно в том отношении, что здесь высказывается мысль о вторичной природе игнимбритовой магмы, образующейся в недрах земной коры сравнительно неглубоко, в то время как основные магмы, по-видимому, образуются преимущественно в более глубоких зонах земли — уже, по всей вероятности, в мантии ее.

Из приведенных взглядов на происхождение игнимбритоподобных горных пород можно сделать вывод о существовании нескольких разновидностей этих пород и об образовании их различными путями.

Разрешение проблемы происхождения игнимбритов тесно связано с выяснением механизма некоторых извержений и продуктами этих извержений, которые могут дать подобные образования.

ГЕОЛОГО-ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА

Необходимо вначале кратко ознакомиться с геологическими и вулканологическими условиями нахождения игнимбритоподобных горных пород. Они встречаются во многих вулканических областях мира среди образований, возникших от докембрия до настоящего времени. Больше всего их обнаружено в кайнозое и преимущественно в плейстоцене.

Игнимбриды образуются, по мнению Риттманна (1960), в посторогеническую стадию, когда горные цепи интенсивно разрушены эрозией, но в глубинах земной коры еще находится анатекситовая магма, пересыщенная газами, и поэтому весьма взрывчатая. При посторогенических разломах она может произвести вдоль них трещинные, а также и по трубообразным каналам игнимбритовые извержения. Особо следует подчеркнуть, что очень часто игнимбритоподобные породы наблюдаются в кальдерах и вблизи них. Возможно, что эти два явления генетически тесно связаны между собой, хотя игнимбритоподобные породы наблюдаются и в районах, где кальдеры отсутствуют.

Чаще всего игнимбриды имеют платообразную или пластообразную, почти горизонтальную форму залегания, занимающую достаточно большие площади. Встречается потокообразная форма залегания, а изредка и дайки.

Наблюдается близкая аналогия по форме залегания между игнимбридами и плато-базальтами.

Игнимбритовое вещество весьма подвижное, а лавы плато-базальтов весьма жидки. И те и другие образуют обширные, почти горизонтальные пласты и извергаются преимущественно из трещин. Но игнимбриды относятся главным образом к продуктам кислой магмы, а плато-базальты — к основной.

Размеры пепловых, или, как их еще называют, туфовых потоков и полей, довольно значительные. Смит (Smith, 1960) приводит 10 примеров таких потоков длиной от 6 до 128 км, причем в трех примерах пепел сварился, в четырех — частично сварился и в трех — не сварился. Сварился у Асама (длина потока 10 км), в Горной долине в Новой Мексике (30 км) и у Асо (длина — 96 км). Частично сварился в Долине Десяти Тысяч Дымов (23 км), у Хаконэ (24 км), в Номлаки (около 100 км) и у оз. Тоба (около 128 км). Не сварился у Комагатаке (длина 6 км), у Безымянного (длина 16 км) и у Кратерного озера (60 км).

Площади, занятые подобными пирокластическими полями, достигают значительных размеров — от нескольких квадратных километров до 25 000 км² у оз. Тоба на Суматре и 25 900 км² в Таупо-Роторуа в Новой Зеландии.

Мощности их от нескольких до 500 м, а объемы — от 0,2 км³ для Комагатаке в Японии до 8300 км³ для Новой Зеландии и 9500 км³ для Сан-Хуан в Колорадо.

По последней сводке японских авторов Ишикава и др. (1957) в их стране, по имеющимся неполным данным, образовалось сваренных туфов в миоцене не менее 3,5 км³, плиоцене 4303 км³, плейстоцене 8408 км³ и 1474 км³ отложений горячих туч и в голоцене 251 км³, а всего не менее 14 443 км³.

Распространенность этих пород в Советском Союзе весьма значительна. Как известно, туфолавы и игнимбриды обнаружены в Армении, Средней Азии, на Камчатке, Дальнем Востоке, Урале и в других местах.

Таким образом, отложения палящих туч и горячих пепловых потоков и полей занимают местами весьма значительные площади и соответственно большие объемы.

Такие локальные огромные объемы пирокластического материала наводят на мысль некоторых исследователей о генетической связи громадных горячих пепловых потоков и полей с близповерхностными плутонами.

По своему химическому составу туфолавы и игнимбриды относятся главным образом к кислой магме, но встречаются относительно часто и среднего состава и совсем редки игнимбриды основной магмы. Соответственно с этим породы относятся к риолитам, трахилипаритам, дацитам, андезитам, трахитам и (не достоверно) к базальтам.

Остановимся несколько подробнее на базальтовых сваренных туфах.

Ю. Д. Барксдейл (Barksdale, 1951) описал Еерхнемеловой базальтовый или трахибазальтовый сваренный туф из Монтави (США). Судя по очень краткому описанию и двум микрофотографиям, это, вероятно, сваренный туф, но, по-видимому, не базальтового состава, так как по этим же микрофотографиям и по приведенному показателю преломления вулканического стекла ($1,503 + 0,002$) эта порода должна быть кислого состава.

Что же касается базальтовой игнимбритоподобной породы, описанной Ван-Бемелленом и М. Г. Руттенем (Vemmelen van a. Rutten, 1955) из Итри (Исландия), то, по их мнению, она образовалась в результате трещинного извержения большого количества лавы, богатой газами, сопровождавшегося образованием раскаленного туфового потока.

В образцах этого потока под микроскопом не наблюдалось ни сваривания, ни эндогенной пневматолитовой кристаллизации. Уплотнились же они благодаря мощной нагрузке этих отложений и палагонитизации.

Сами авторы пишут, что они колеблются классифицировать это образование «как рыхлый раскаленный туф (несцементированный, неслоистый раскаленный туф, без сваривания или перекристаллизации)» и принимают название «раскаленный туфовый пласт (катмайского типа)», который, по их мнению, достаточно подчеркивает отличительную особенность его от палагонитовых туфовых пластов, происшедших в результате подледниковых извержений.

Таким образом, это не игнимбриит, т. е. не сварившийся туф, а только бывшие в начале рыхлыми отложения горячих пепловых потоков.

О ХАРАКТЕРЕ ИЗВЕРЖЕНИЙ, КОТОРЫЕ МОГУТ ДАТЬ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ИГНИМБРИТОВЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

В настоящее время представления о типах извержений, которые могут дать раскаленные в момент отложения пирокластические горные породы, концентрируются около извержений горизонтальных горячих туч, раскаленных лавин, горячих песчаных или пепловых потоков.

Из приведенных выше недавних извержений были обнаружены сваренные туфы только у вулканов Асама и частично сваренными в Долине Десяти Тысяч Дымов. Наблюдалось сваривание базальтовых лав гавайского типа в непосредственной близости от кратера, но подобные наблюдения для более кислых лав пока не известны.

По-видимому, различные типы извержений, в результате которых выбрасываются вулканические пыль и песок в виде разнообразных раскаленных туч, переносимых по воздуху на значительные расстояния, не могут образовать сваренных горных пород вследствие значительного охлаждения составляющих их частиц.

Так, извержение Пеле в 1902 г. дало рыхлые отложения, а не сваренные туфы, несмотря на то, что начальная температура была в пределах $800-1000^{\circ}$. Извержения пемзового потока Комагатаке в 1929 г. и песчаного потока Безьянного в 1956 г. также не дали сваренных горных пород. Р. Л. Смит (Smith, 1960) высказал мнение, что несваривание пепла при пелейских извержениях зависит от характера самого извержения, выражающегося в том, что пелейская горячая туча выбрасывается огромной массой в течение одного короткого взрыва.

Надо допустить существование особых извержений, в результате которых могло бы происходить сваривание, а именно, извержения должны быть длительными и продолжаться днями, неделями и больше с выделениями

в общей сумме колоссальных количеств горячего рыхлого еще пластического материала.

Образование сваренных туфов и игнимбритов, по-видимому, связано с происходящими одно за другим частыми извержениями особых очень горячих пепловых потоков, двигающихся непосредственно по поверхности земли сплошной достаточно компактной, но во взвешенном состоянии, массой, перекрывающих один другого и образующих мощные отложения и создающих, благодаря этому, условия для более медленного их остывания.

Сваривание или степень сваривания в пепловом потоке зависит, как это известно, от температуры, количества и состава летучих, химического состава пепла, давления нагрузки, скорости охлаждения, скорости кристаллизации, или, короче говоря, и главным образом от вязкости и давления нагрузки.

Присутствие летучих веществ и повышенное давление понижают температуру расплавления в данном случае стекловатых пепловых частиц.

Известно, что температура пемзового потока Комагатаке на глубине 70 см через несколько дней после извержения равнялась 385°, через 150 дней — около 50°, а через 2 года 5 дней — около 40°. Температура фумарол в катмайском пепловом потоке через 6 лет после извержения была от 400 до 190°, а через 7 лет — соответственно от 200 до 100°. Температура агломератового потока Безымянного на глубине 50—70 см была через 180 дней после извержения около фумарол 430—450°, а через 345 дней — 340°. Средняя же температура всего горячего участка в первом и во втором случаях была около 200°.

Произведенные в последние годы опыты по свариванию обломков вулканического стекла в некотором отношении помогают выяснению вопроса о происхождении игнимбритов. Так, Бойд и Кеннеди (Boyd a. Kennedy, 1951) для сухих обломков из Моно (Калифорния) определили минимальные температуры сваривания от 775 до 900°.

Бойд (Boyd, 1957) для стекловатого риолитового пепла из Меллоустонского парка с прибавлением к нему 0,45% (весовых) воды (опыт производился в течение 80 час. и под давлением 52 бар) определил минимальные температуры сваривания в пределах 590—620°. При увеличении промежутка времени такового опыта до 2 недель минимальные температуры сваривания понизились до 550—590°, т. е. на 30—40°. Этот же пепел безводный и без прибавления воды был подвергнут нагреванию в течение 72 час. при давлении в 48 бар, при этом пепел начал слабо свариваться (по-видимому, спекаться) при 690° и не сваривался при 635°.

Бойд пришел к заключению, что необходимо принять 600° как минимальную температуру сваривания в присутствии воды.

Смит, Фридман и Лонг (Smith, Friedman a. Long, 1980) взяли для опыта обломки из несваренной фации риолитового туфа из Новой Мексики и получили в присутствии воды минимальную температуру начинающегося сваривания (вернее, спекания) в 535°.

Таким образом, при быстрых, следующих один за другим извержениях пепловых потоков и образовании мощных отложений, можно предполагать, что в нижних частях этих отложений, расположенных относительно близко к каналу извержений, температуры могут быть достаточно высокие, порядка 500°. Можно допустить, что могут происходить экзотермические химические реакции, например, окисление закиси железа в магнетит или в окись железа, в результате чего может несколько подняться температура. Впрочем, эта реакция может иметь некоторое значение только в андезитовых и более основных пепловых потоках при обязательном присутствии кислых газов. В кислых же потоках она не имеет значения, так как в них обычно окислов железа мало. Таким

образом, по-видимому, при особых извержениях могут быть такие условия, при которых пепловые частицы в потоке находятся еще в пластичном состоянии и даже могут частично расплавиться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Предлагается сделать следующее расчленение рассмотренным породам.

Очевидно, что между туфами и лавами существует ряд переходных или промежуточных пород. Это — спекшиеся туфы — сваренные туфы — сваренные псевдолавы, или игнимбриты — туфолавы.

Главные отличительные черты этих пород следующие.

Спекшиеся туфы имеют явную границу — линию раздела между обломками стекла.

Сваренные туфы обладают на границе соприкасающихся обломков полоской сплавления, в которой можно проследить постепенный переход от одного обломка в другой. Если обломки имеют неодинаковый состав, то в полоске наблюдается постепенное изменение их показателей преломления.

Сваренные псевдолавы, или игнимбриты, часто имеют псевдофлюидальную структуру, большей частью со сплавленными обломками, центральные части которых не изменены или мало изменены.

Туфолавы — это породы с флюидальной структурой, с линзами, полосками и обломками, преимущественно этой же лавы.

Предлагаемое расчленение применимо для свежих и неизмененных пород, в которых не произошла кристаллизация или перекристаллизация.

Из приведенного в этом сообщении материала относительно туфолав и игнимбритов можно сделать ряд выводов.

1. Между лавами и туфами существуют две промежуточные группы горных пород — туфолавовая и игнимбритовая.

Туфолавовая имеет лавовую природу, а игнимбритовая, судя по литературным данным, — лавовую и пирокластическую. Следовательно, последняя должна быть разделена. Игнимбриты лавовой природы следует отнести к туфолавам, а игнимбриты пирокластической природы — к игнимбритам.

2. При определении этих групп необходимо основываться не только на петрографических (текстурные, структурные и др.) признаках, но также и на геологических особенностях (формы залегания и др.).

3. Высказаны различные взгляды на происхождение туфолав как лав (Абих, Левинсон-Лессинг, Лякруа, Грэндж, Влодавец, Кеннеди, Петров, Штейнер), которые с разных позиций приходят к объяснению происхождения туфолав как лавовых потоков.

4. Текучесть туфолав зависит, по-видимому, главным образом от умеренного содержания воды в них (в пределах 1—3%).

5. Разрешение проблемы происхождения игнимбритов связано с разрешением проблемы горячего пеплового потока.

6. Игнимбритоподобные горные породы следует разделить на: 1) сваренная псевдолава, или собственно игнимбрит, 2) сваренный туф и 3) спекшийся туф. В эту группу не следует вводить, как это делают некоторые авторы, рыхлые отложения горячих туч, хотя они часто тесно связаны с породами этой группы.

7. Обычно игнимбритоподобные породы образуют единое геологическое тело, внизу которого наблюдаются тонкие прослойки рыхлых отложений и спекшегося туфа, выше — отложения игнимбритов, еще выше — сваренный туф и вблизи поверхности — спекшийся туф, переходящий у самой поверхности в рыхлые отложения.

8. Для объяснения происхождения собственно игнимбритов, по-видимому, следует предположить существование многочисленных, извергавшихся один за другим в течение относительно продолжительного времени особых горячих пепловых потоков, но не туч. Спекшиеся туфы, вероятно, могут образоваться и при извержениях особо горячих туч и раскаленных лавин. Следует при этом принимать во внимание и содержание в них воды.

9. Большинство, но не все туфолавы и игнимбриды территориально приурочены к кальдерам. По-видимому, между ними существует генетическая связь.

10. Игнимбриды, по А. Ритманну, образуются в посторогеническую стадию, когда горные цепи разрушены эрозией, но в недрах земной коры еще находится пересыщенная газами анатекситовая магма.

ЛИТЕРАТУРА

- А б и х Г. В. Геология Армянского нагорья. Перевод Б. З. Коленко.— Зап. Кавказ. отд. русск. геогр. об-ва, 1899.
- Б е л я н к и н Д. С. К вопросу о туфовых лавах Армении.— Изв. АН СССР, серия геол., 1952, № 3.
- В л о д а в е ц В. И. О некоторых семьячских туфолавах и их происхождении.— Изв. АН СССР, серия геол., 1953, № 3.
- В л о д а в е ц В. И. О происхождении пород, обычно называемых туфолавами и игнимбридами.— Труды Лабор. вулканол. АН СССР, вып. 14, 1957.
- З а в а р и ц к и й А. Н. Игнимбриды Армении.— Изв. АН СССР, серия геол., 1947, № 3.
- Л е в и н с о н - Л е с с и н г Ф. Ю. Олонекская диабазовая формация.— Труды СПб. об-ва естествоисп., т. 19, 1888.
- Л е в и н с о н - Л е с с и н г Ф. Ю. Армянское вулканическое нагорье.— Природа, 1928, № 5.
- Петров В. П. Игнимбриды и туфовые лавы; еще о природе артик-туфа.— Труды Лабор. вулканол. АН СССР, вып. 14, 1957.
- Abich H. Geologische Forschungen in den Kaukasischen Landern, II. Geologie des Armenischen Hochlandes. Wien, 1882.
- A n d e r s o n T. a. F l e t t J. S. Report on the eruption at the Soufriere in St. Vincent in 1902, and on a visit to Montagne Pelee in Martinique. Pt. I. Philos. Trans. Roy. Soc. London, A., v. 200, 1903.
- B a r k s d a l e J. D. Cretaceous glassy welded tuffs.— Lewis and Clark country, Montana.— Amer. J. Sci., v. 249, N 6, 1951.
- Beck A. E. a. R o b e r t s o n E. F. Geology and geophysics.— N. Z. Dep. Sci. Industr. Res. Bull., N 117, 1955.
- B e m m e l e n R. W. v a n a. R a t t e n M. G. Tablemountains of Northern iceland. Leiden, 1955.
- B o u l a d o n J. e t J o u r a v s k y G. Les ignimbrites du Precambrien III de Triouine et du Sud Marocain.— Notes et Mem. Serv. geol. Maroc, N 120, 1954.
- B o y d F. R. a. G. C. Kennedy. Some experiments and calculations relating to the origin of welded tuffs.— Amer. Geophys. Union, 32 ann. meeting, April 3—May 2, 1951.
- B o y d F. R. Geology of the Yellowstone rhyolite plateau.— Harvard Univ. Ph. D. thesis, 1957.
- C o o k E. F. Ignimbrite bibliography.— Idaho Bur. Mines a. Geol., Information Circular, N 4, 1959.
- G r a n g e L. J. Rhyolite sheet flows of the North Iceland, New Zealand.— N. Z. J. Sci. Technol. Bull. N 16, 1934.
- D e l l' E r b a L. Considerazioni sulla genesi del piperno.— Atti R. Acad. sci. fis. mat. Napoli, Ser. 2, v. 5, N 3, 1892.
- F r i t c h K. v o n. u. R e i s s. W. Geologische Beschreibung der Insel Tenerife. 1868.
- F e n n e r C. N. The origin and mode of emplacement of the great tuff deposit of the Valley of Ten Thousand Smokes.— Techn. Pap. Nat. Geogr. Soc. Amer., Katmai Ser., v. 1, 1923.
- I d d i n g s J. P. Geology of the Jelowstone National Park.— U. S. Geol. Surv. Monogr., N 32, Pt. 2, 1899.
- I d d i n g s J. P. Igneous rocks, v. 1, N. Y., 1909.
- I s h i k a v a T., M i n a t o M., K u n o H., M a t s u m o t o T. a. J a g i K. Welded tuffs and deposits of pumice flow and nuee ardente in Japan. XX session Congr. geol. Internat., 1956, Mexico, 1957.

- Karolusova - Kociscakova E. Prispevok k problematike pyroclastic. Geol. prace Slovenska Akad. vied, N 49, 1958.
- Kennedy G. S. Some aspects of the role of water in rock melts. — Geol. Soc. Amer., Spec. Paper, N 62, 1955.
- Lacroix A. Remarques sur les matériaux de projection des volcans et sur la genese des roches pyroclastiques qu'ils constituent. — Jub. vol. Soc. Geol. France, v. 2, 1930.
- Marshall P. Acid. Rocks. of the Taupo-Rotorua volcanic district. — Trans Roy. Soc. N. Z., N 64, 1935.
- Matumoto T., Isikawa T. a. Minato M. Some problems of welded lava and welded tuffs related with the sunken calderas in Japan. — Proc. Eighth Pacific Sci. Congr., v. 2, 1956.
- Reynolds D. L. Fluidization as a geological process, and its bearing on the problem of intrusive granites. — Amer. J. Sci., v. 252, N 10, 1954.
- Rittmann A. Vulkane und ihre Tätigkeit. Stuttgart, 1960.
- Schieferdecker A. A. G. Geological nomenclature. Goringhem, 1959.
- Smith R. L. Ash flows. — Bull. Geol. Soc. Amer., v. 71, N 6, 1960.
- Smith R., Friedman J. a. Long W. Properties of rhyolitic volcanic glass. Internet. Assoc. Volcanol., XII General. Assembly, Helsinki, 26 July — 6 August, 1960.
- Steiner A. Origin of ignimbrites of the North Island, New Zealand; a new-petrogenetic concept. N. Z. Geol. Surv. Bull., N 68, 1960.
- Westerveld J. Eruptions of acid pumice tuffs and related phenomena along the great Sumatra fault troundsh system. Proc. 7th Pac. Sci. Congr. N. Z., v. 2, 1953.
- Weyl R. Beitrage Geologie El Salvadors. Die Schmelztuffe der Balsamkette. — Neues Jahrb. Geol. u. Palaontol., Abhandl., Bd. 99, H. 1. 1954.
- Zambonini, F. Il tufo pipernoide della Campania i suoi minerali. — Mem. par. serv. alia descrizione della Carta Geologica d'Italia, v. 7, pt. 2, 1919.
- Zirkel F. United States geological exploration of the 40th parallel v. 6. Microscopical petrography. 1876, p 267.