

И. М. СПЕРАНСКАЯ

**ИГНИМБРИТЫ В ВУЛКАНОГЕННЫХ ТОЛЩАХ
СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ
И ВОПРОСЫ ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

(Северо-восточное геологическое управление)

ВВЕДЕНИЕ

Дискуссия о происхождении туфолав и игнимбритов продолжается уже несколько десятков лет и по этому вопросу накопилась обширная литература. Вместе с тем, до последнего времени обсуждение этой проблемы имело несколько абстрактный характер, так как игнимбриты были известны в сравнительно небольшом числе мест (преимущественно среди молодых и современных вулканических продуктов) и привлекали внимание главным образом в связи с загадочностью их происхождения.

В последнее десятилетие, когда древние вулканогенные толщи стали изучаться не только с большей детальностью, но в этих исследованиях отчетливо наметился вулканологический подход (в отличие от преимущественно стратиграфических методов, применявшихся ранее), игнимбриты стали обнаруживать во многих областях древнего вулканизма. Среди продуктов молодого и современного вулканизма были открыты мощные толщи игнимбритов, которые ранее рассматривались как нормальные лавы (Малая Азия, Япония и др.).

В связи с тем, что игнимбриты образуются при особых типах извержений и на определенных этапах развития вулканических центров, их изучение и выделение областей их распространения при геокартировании может иметь большое значение для реставрации истории и условий развития древнего вулканизма. Американские геологи (Скок, 1957) при стратиграфических исследованиях в слоистых вулканических толщах считают возможным использовать в целях изучения структурного развития территории только игнимбриты и плато-базальты, потоки которых вследствие весьма высокой подвижности, образуют горизонтально залегающие толщи, выравнивающие эрозионный рельеф и распространяющиеся на значительные площади.

Таким образом, теперь с несомненностью установлено большое геологическое значение игнимбритов, и поэтому вопросы их происхождения приобретают особенно важное значение.

Существует два главных направления в объяснении происхождения туфолав и игнимбритов:

1) туфолавы, а иногда и игнимбриты, рассматриваются как лавы, богатые водяными парами (или другими летучими), извержение и консолидация которых осуществлялись при особых условиях (Абих, 1899;

Белянкин, 1938; Влодавец, 1957; Левинсон-Лессинг, 1928; Фаворская, 1957, и др.);

2) туфолавы и игнимбриты относятся к пирокластическим образованиям и возникают в результате «сваривания» материала отложений различного типа горячих туч или пемзовых потоков (Fenner, 1920; Marshall, 1935; Заварицкий, 1947; Ishikawa, Minato, Kuno a. oth., 1957; Cook, Westerveld, 1957, и др.).

Некоторые авторы считают возможным оба способа происхождения и соответственно различают туфолавы (вулканические породы лавового происхождения) и игнимбриты (пирокластического происхождения) (Петров, 1957).

При изучении меловых вулканогенных толщ Охотского побережья установлено широкое распространение кислых пород лавового облика, которые содержат обильные включения литокластического материала и, прежде всего, вулканического стекла. Эти породы именуют обычно туфолавами, подразумевая при этом эффузивное их происхождение, и объединяют в единую генетическую группу с лавами липаритового состава, с которыми они постоянно ассоциируют. Вопросы происхождения этих «туфолов» специально до сих пор не обсуждались.

Автор неоднократно наблюдал «туфолавы» в обнажениях из различных частей Охотского побережья и подробно изучал их петрографически. При сопоставлении геологических и петрографических признаков охотских «туфолов» с классическими представителями туфолов и игнимбритов из наиболее хорошо изученных областей их распространения (Аляска, Новая Зеландия, Япония, Суматра, Западные штаты Америки, Малая Азия, Армения и др.) автору пришлось убедиться, что туфолавы Охотского побережья представляют собой типичные игнимбриты (в широком значении этого термина).

Ниже приводится описание геологии и петрографии охотских игнимбритов; в заключение обсуждаются вопросы происхождения туфолов и игнимбритов и предлагаются критерии для их разделения.

ГЕОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЯ

Массовые извержения кислых вулканических продуктов имели место в меловом периоде на всей территории Охотского пояса. На северном побережье Охотского моря, т. е. в юго-западной части этого пояса, они явились заключительным этапом мощного вулканизма, продолжавшегося в течение всего мела. Первая половина мелового периода ознаменовалась здесь широким развитием вулканизма преимущественно андезитового состава (андезитовая формация Охотского побережья), в конце его главную роль играли извержения кислых лав (липаритовая формация). В начале кайнозоя, в связи с образованием крупных разломов, местами имели место трещинные излияния плато-базальтов, с которыми иногда сопряжены небольшие объемы кислых вулканических продуктов, в том числе и игнимбритов.

Игнимбриты наиболее широко распространены среди отложений позднемеловой липаритовой формации, но не менее типичные их представители встречаются в связи с кайнозойскими базальтами.

Характерной особенностью верхнемеловой вулканогенной толщи кислого состава является чрезвычайно однообразный — липаритовый — состав слагающих ее горных пород. Вместе с тем, в разрезах наблюдается постоянное чередование пород различного характера — лав, игнимбритов и туфов, что определяет общую стратифицированность отложений. В качестве примера, иллюстрирующего особенности строения кислой толщи, на рис. 1 приведена серия стратиграфических разрезов, состав-

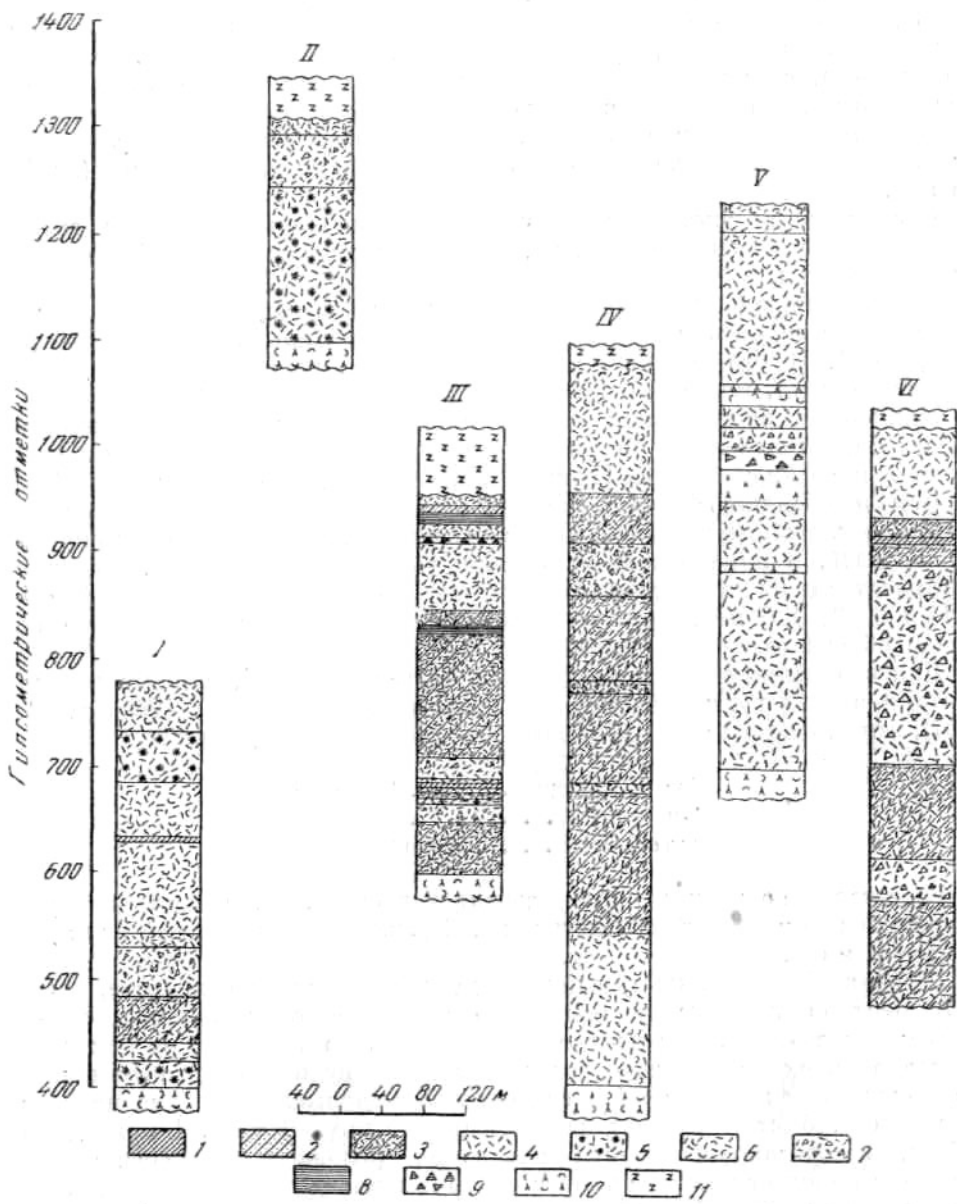


Рис. 1. Стратиграфические разрезы верхнемеловой вулканогенной толщи из центральной части Охотского побережья

1 — обсидианы нераскристаллизованные; 2 — обсидианы слабо раскристаллизованные; 3 — витролипариты; 4 — фельзитовые липариты; 5 — микропойкилитовые и сферолитовые липариты; 6 — игнимбриты; 7 — кристаллические туфы липарита; 8 — пепловые туфы; 9 — лавобрекчии и туфолавы липарита с обильными обломками андезитов и андезито-базальтов; 10 — подстилающие двупироксеновые андезиты и туфы андезита; 11 — перекрывающие базальты

I — правобережье р. Левого Яны; II — Верховье ручья Мат; III — Верховье рч. Хурчан; IV — Водораздел ручьев Спутник и Ракета; V — водораздел ручьев Спутник и Ветвистый; VI — правый склон долины ручья Незаметный

ленных автором при детальных исследованиях в центральной части Охотского побережья (бассейн р. Яны-Охотской).

В подстилающих более древних породах встречаются некки и дайки интрузивных липаритов, а среди покровов можно наблюдать экструзивные куполы, составленные красно-бурыми и фиолетовыми сильно лимонитизированными лавами с резко выраженными плоскостями течения полосчатостью и флюидалностью. У основания экструзивных тел плоскости течения направлены внутрь купола под крутыми углами (от 40 до 70°).

Обсидиановые экструзивные куполы были встречены также среди кислых вулканических продуктов, связанных с извержениями кайнозойских базальтов.

Общая площадь, занятая верхнемеловыми кислыми вулканическими породами на территории Охотского пояса, составляет 67 237 км² (Венчугова, 1956). В юго-западной части этого пояса, на северном побережье Охотского моря, мощность кислой толщи достигает 600—800 м и более.

Примерные соотношения кислых вулканических пород различного характера, вычисленные по детально изученным стратиграфическим разрезам в центральной части Охотского побережья, следующие: лавы (липариты и обсидианы) — 44, игнимбриты — 40, кристаллокластические туфы (не сваренные) — 16%. Эти соотношения, очевидно, могут сильно варьировать, и пока невозможно точно учесть эти изменения. Но если основываться на приведенных расчетах, то можно назвать цифру в 18 000—20 000 км³, которая даст приблизительное представление об общем объеме охотских игнимбритов.

Для сравнения ниже приведены размеры площадей¹, занятых игнимбритами в трех вулканических областях, где, как считают (Westerveld, 1957), эти породы имеют наиболее широкое распространение:

Новая Зеландия	15 500 км ²
Суматра	18 500 »
Малая Азия	около 14 000 »

Сопоставление этих данных позволяет считать, что область распространения игнимбритов на Охотском побережье является одной из крупнейших в мире.

Распределение вулканических продуктов различного характера вокруг центров извержений подчинено определенной закономерности — лавы концентрируются у центров извержений, на удалении от них снижается роль их лав и резко возрастает объем игнимбритов; объем кристаллокластических туфов (не сваренных), максимальный близ центров извержения, быстро убывает на удалении от них. В табл. 1 приведены цифры, иллюстрирующие эти изменения (относительное содержание в разрезе пород различного типа в объемных процентах). Расчеты произведены для стратиграфических разрезов, приведенных на рис. 1; стратиграфические разрезы 2—5 составляют сближенную серию и расположены на расстоянии 3—5 км друг от друга; центр извержения находится между 2 и 3 разрезами.

При изучении условий залегания кислой вулканогенной толщи устанавливается во всех районах ее распространения почти горизонтальное залегание вулканических покровов с наклонами, обычно не превышающими 10—15°. Однако там, где удастся наблюдать в коренных обнажениях подошву кислой толщи, можно видеть потоки лав, имеющие относительно

¹ Расчеты площадей произведены нами по геологическим картам, приведенным в статье Дж. Уестервелда (1957).

Таблица 1

Характер продуктов	2	3	4	5
Лавы	68,4	67,2	61,0	8,2
Игнимбриты	7,9	22,9	30,9	88,3
Кристаллокластические туфы	23,7	9,9	8,1	3,5

крутое (до 40—50°) падение близ центров извержения и постепенно вы-
 полагающиеся на удалении от них (фиг. 2); потоки игнимбритов пере-
 крывающие лавы (на этом же участке), отличаются почти горизонталь-
 ным залеганием кровли. По-видимому, вулканические извержения про-
 исходили в условиях расчлененного горного рельефа, однако продукты

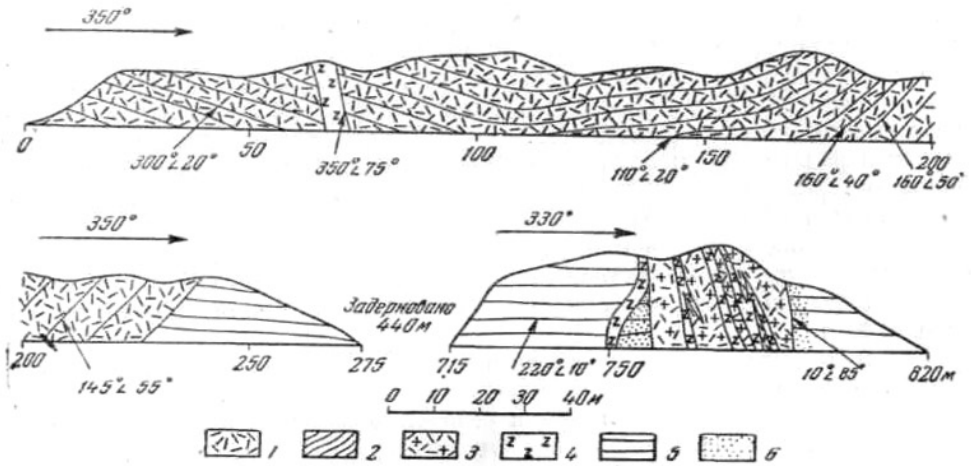


Рис. 2. Характер залегания потоков кислых лав на древнем эрозийном рельефе.
 Береговые обнажения р. Левой Яны

1 — липариты; 2 — структуры течения в кислых лавах; 3 — necke интрузивных липаритов;
 4 — дайки базальтов; 5 — подстилающая раннемеловая вулканогенная толща; 6 — контактовый
 метаморфизм

извержений и, прежде всего, мощные пирокластические потоки выравни-
 вали неровности рельефа, создавая платообразные поверхности, на кото-
 рые ложились последующие вулканические покровы.

Необходимо отметить, что вулканических сооружений в форме кону-
 сов среди кислых продуктов извержений не удалось выявить даже при
 наиболее детальных полевых исследованиях.

Существенных признаков эрозийных перерывов в отложениях кис-
 лой вулканогенной толщи не установлено. Иногда встречаются быстро
 выклинивающиеся пачки туффов или маломощные горизонты конгло-
 мератов, локализующиеся обычно в верхней части разреза, в которых
 можно встретить растительные остатки сенон-датского (?) возраста.

ПЕТРОГРАФИЯ

Петрографическое разнообразие кислых вулканических продуктов
 (как верхнемелового, так и палеогенового возраста) определяется при-
 сутствием трех разновидностей горных пород, связанных с различными

до характеру типами извержений, — лав, игнимбритов и кристаллокластических туфов (не сваренных). Вместе с тем, все они принадлежат к семейству липаритов, характеризуются однотипным петрографическим составом и свойствами порообразующих минералов (в пределах каждой формации).

Среди игнимбритов встречаются породы, существенно различающиеся по структурным и текстурным признакам, что является следствием различной степени сваренности. Крайними членами этого ряда, которые связаны между собой постепенными переходами, являются, с одной стороны, сильно сваренные разновидности, по физическим свойствам подобные липаритам, с другой — слабо сваренные (до свободно аккумулярованных) туфы. В зависимости от степени сваренности цемента находится форма литокластических обломков и, прежде всего, вулканического стекла: в сильно сваренных игнимбритах они имеют плоскую, иногда сильно вытянутую форму и нерезкие расплывчатые границы, тогда как в слабо сваренных разновидностях — это угловатые изометричные обломки, отделенные резкими границами от цементирующей массы. Вместе с тем состав литокластической части и обломков кристаллов одинаков в обоих типах пород.

Игнимбриты отличаются очень пестрой, яркой, обычно довольно темной окраской. Наиболее распространены коричневые, зеленые и фиолетовые цвета различных оттенков. Большая пестрота игнимбритов определяется различной окраской цементирующей массы и включенных в нее обломков. Необычайно эффективно выглядят образцы этих пород — ярко-зеленые с красно-бурыми обломками, кирпично-красные с темно-зелеными и голубыми включениями, фиолетовые с коричневыми и зелеными обломками и др. Е. К. Устиев при изучении эффузивов Охотского побережья подчеркнул эту особенность верхнемеловой толщи, назвав ее пестроцветной.

Главную роль в составе игнимбритов играет кислое вулканическое стекло, которым сложена подавляющая часть обломков. Помимо этого, постоянно присутствуют обломки и резорбированные зерна минералов — плагиоклаза, кварца, реже — калийнатрового полевого шпата, биотита и амфибола — по составу и свойствам однотипные с вкрапленниками в липаритах, ассоциирующихся с игнимбритами. Нередко можно встретить также обломки более основных эффузивов, по составу соответствующие покровам, подстилающим игнимбриты; наибольшее количество этих обломков наблюдается в основании покровов игнимбритов, в непосредственной близости к центрам извержений; здесь иногда встречаются своеобразные крупнообломочные сваренные «лавобрекции», главную часть которых составляют крупные (иногда до 0,5 м в поперечнике) обломки и глыбы основных эффузивов, сцементированные стеклоподобным кислым веществом.

Обломки кислого стекла в игнимбритах имеют обычно небольшие размеры — от нескольких миллиметров до 10—15 см. Стекло в различной степени раскристаллизовано, причем чаще всего наблюдается сферолитовая и микрофельзитовая структуры, однако можно встретить также и обломки свежего изотропного стекла с кристаллитами. Иногда в стекле содержатся вкрапленники полевых шпатов и кварца. В слабо сваренных типах пород обломки стекла изометричные и угловатые, при увеличении степени сваренности они приобретают форму округлых «комков», в которых часто наблюдается флюидальная текстура; обломки в этом случае незакономерно ориентированы в породе, что подчеркивается различным направлением флюидальности в них (рис. 3). В сильно сваренных игнимбритах включения стекла имеют плоскую вытянутую форму, а иногда образуют выклинивающиеся изогнутые полосы, резко отличающиеся более темной окраской от цемента (рис. 4).



Рис. 3. Округлые обломки флюидального стекла в игнимбрите.
Ув. 23, без анализатора

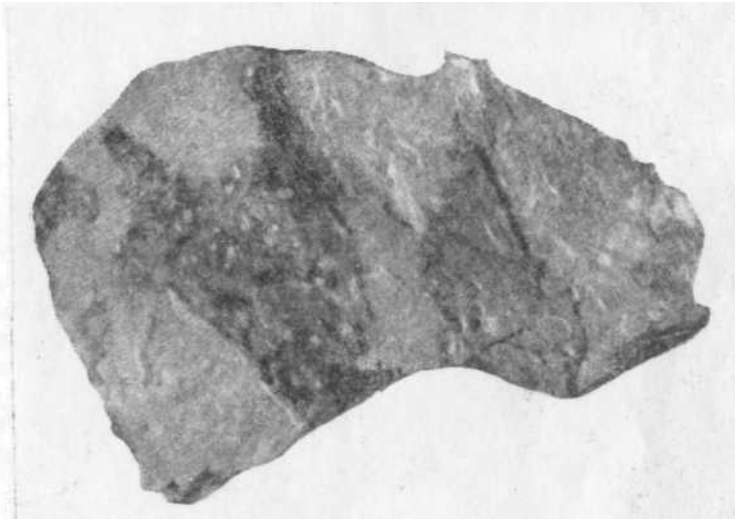


Рис. 4. Игнимбрит (высокая степень сваренности материала).
1:1. Нат. величина

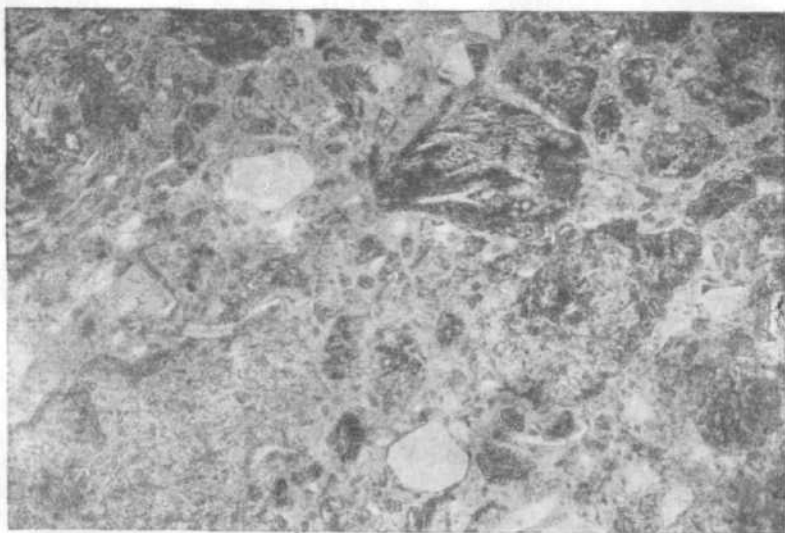


Рис. 5. Витрокластический характер цемента в игнимбрите. Обломки стекла слабо сварены. Ув. 23, без анализатора

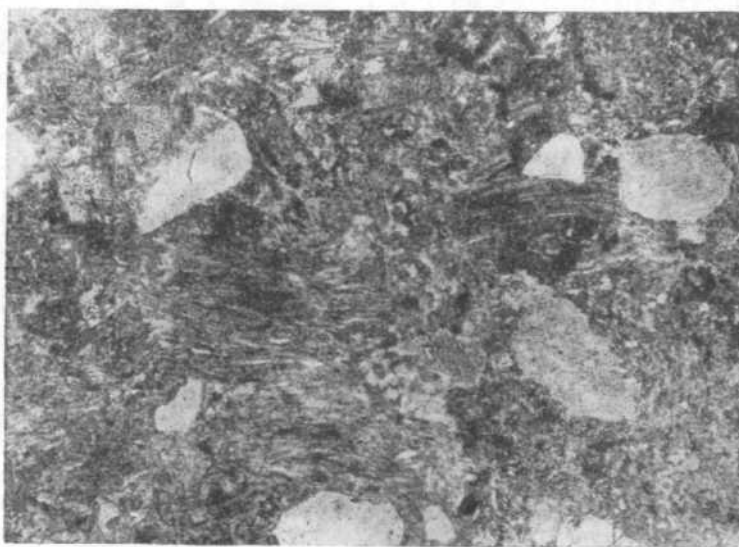


Рис. 6. Витрокластический характер цемента в игнимбрите. Обломки стекла сварены, границы их нерезкие. Ув. 23, без анализатора

В зависимости от степени сваренности различается и характер цементирующей массы. В слабо сваренных разновидностях хорошо сохранилась пепловая структура, в сильно сваренных — цемент представляет собой стекловидную, часто флюидальную массу, иногда раскристаллизованную в микрофельзит с участками сферолитовой структуры. Наиболее распространены промежуточные типы, в которых хорошо различается витрокластическая структура цемента, но в то же время наблюдается различная степень сваренности обломочков стекла (рис. 5 и 6). В цементе ягнимбритов постоянно присутствуют мелкие обломки пемзы и продукты

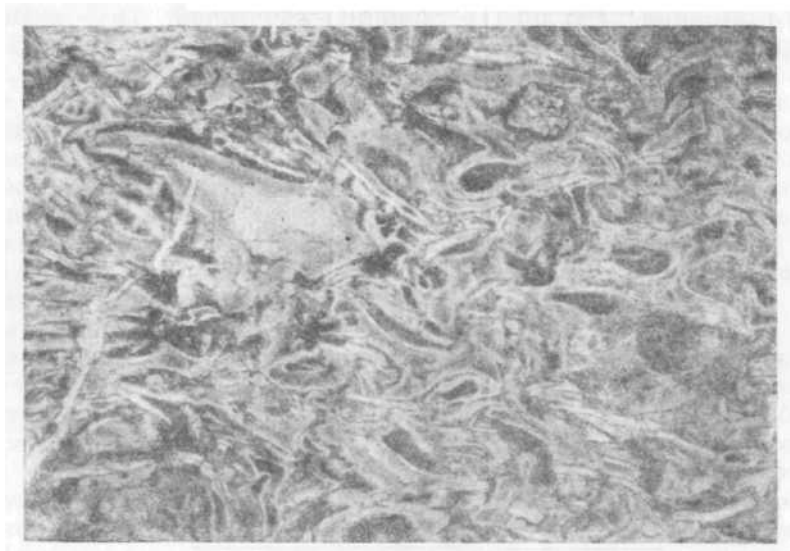


Рис. 7. Сваренные обломки пемзы в цементе игнимбрита Ув. 66, без анализатора

ее разрушения — изогнутые, рогульчатые, дужковидные, кольцеобразные и другие обломки стекла. Эти обломки либо имеют четкие контуры, либо сварены с цементирующей их гомогенной стекловидной массой и не имеют резких границ. Вместе с тем, они всегда отчетливо видны, так как отличаются от цемента степенью раскристаллизации (рис. 7).

Своеобразное явление, которое заслуживает быть отмеченным, наблюдалось в игнимбритах, расположенных в непосредственной близости к обсидиановому экструзивному куполу, — кристаллы плагиоклаза и кварца несут признаки интенсивного растворения, контуры их имеют сильно изрезанную бахромчатую форму. Эти наблюдения могут указывать, с одной стороны, на высокую температуру среды, в которой протекал этот процесс, с другой — на неподвижность среды, в связи с чем тонкорасчлененные формы кристаллов сохранились ненарушенными. По-видимому, раскаленные пирокластические потоки относительно долго сохраняли высокую температуру после прекращения перемещения материала.

Химические анализы игнимбритов (табл. 2, коллекция Г. Н. Чертовских, 1947) указывают на принадлежность их к ряду щелочно-земельных липаритов.

Кристаллокластические туфы (не сваренные) составляют горизонты, отчетливо обособленные от игнимбритов; по способу образования они, по-видимому, несколько отличаются от последних и поэтому выделяются нами в особую группу. Вместе с тем, вопросы их происхождения также будут обсуждаться и поэтому необходимо дать краткую их характеристику.

Кристаллокластические туфы липарита отличаются от игнимбритов как характером цемента, представляющего собой тонкоструктурный кристаллово-пепловый материал (не сваренный, но иногда несколько перекристаллизованный), так и составом обломочной части, представленной исключительно осколками и ненарушенными резорбированными зернами различных минералов, размером —1,5—3 мм. По минеральному

Таблица 2

Компоненты	Обр. 356-а	Обр. 23-а
SiO ₂	72,74	73,22
TiO ₂	0,09	0,12
Al ₂ O ₃	12,18	13,16
Fe ₂ O ₃	0,12	0,78
FeO	0,44	0,81
MnO	0,01	0,04
MgO	0,14	0,26
CaO	1,51	1,16
Na ₂ O	1,92	3,77
K ₂ O	4,80	3,71
+ H ₂ O	5,38	1,48
- H ₂ O	0,24	0,93
P ₂ O ₅	0,12	0,03
CO ₂	0,00	0,02
S	2,01	0,02
SnO ₂	—	0,01
Сумма . . .	99,69	99,52

составу различаются две разновидности этих туфов: 1) с резким преобладанием плагиоклаза, 2) с примерно равным содержанием плагиоклаза, кварца и калийнатрового полевого шпата. Привлекает внимание повышенное содержание в туфах (по сравнению с липаритами соответствующих типов) биотита и амфибола. Своеобразная особенность этих туфов заключается в совместном присутствии неправильных, часто остроугольных обломков кристаллов и ненарушенных зерен, в различной степени резорбированных. Количество цемента в туфах незначительно, и обломки кристаллов соприкасаются друг с другом.

Плагиоклаз в игнимбритах и кристаллокластических туфах однотипен по составу. Он имеет сложное зональное строение; зональность рекуррентная. Состав меняется от ядра к периферии кристаллов от андезина до олигоклаза, но в кайме зерен основность плагиоклаза вновь возрастает на 10—15%, что, возможно, связано с резким изменением давления в вулканическом канале перед началом эксплозивного процесса.

ВОПРОСЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ИГНИМБРИТОВ, ТУФОЛАВ И КРИСТАЛЛОКЛАСТИЧЕСКИХ (НЕ СВАРЕННЫХ ТУФОВ)

Отмеченные геолого-петрографические признаки позволяют рассматривать охотские «туфолавы» как игнимбриты — производные горячих туч и, главным образом, раскаленных пемзовых потоков. Важные геологические особенности —выравнивание эрозионного рельефа, пла-

тообразная форма залегания потоков, переходы от сильно сваренных игнимбритов к слабо сваренным и несваренным разновидностям — исключают предположение о лавовом характере этих пород. Петрографические признаки и, прежде всего, различная степень сваренности цемента, постоянно наблюдающийся витрокластический его характер, а также различная степень деформированности обломков стекла, являются убедительным подтверждением пирокластического происхождения охотских игнимбритов.

В последние годы широкое распространение игнимбритов установлено во многих областях современного, относительно молодого и древнего вулканизма — на территории Японии — (Ishikawa, Minato, Kuno a. oth., 1957), Западных штатов США (Энлоус, 1955; Cook, 1957, и др.), Суматры, Малой Азии (Westerveld, 1957 и др.). Больше того, во многих случаях мощные толщи вулканических продуктов кислого состава, которые прежде были описаны как лавы, при более детальных геолого-петрографических исследованиях оказались в значительной части состоящими из потоков игнимбритов (Малая Азия, Калифорния и пр.). В связи с подобными открытиями значительно возрос интерес к проблеме происхождения игнимбритов. В результате специальных исследований, а в ряде случаев — при непосредственном наблюдении извержений современных вулканов, были получены важные данные, проливающие свет на многие вопросы происхождения игнимбритов.

подавляющая часть игнимбритов в областях их наиболее широкого распространения обязана своим происхождением раскаленным пирокластическим или пемзовым потокам., Потоки эти весьма разнообразны, что определяется различными типами извержений, различным составом лавы и степенью насыщенности ее газами, неодинаковой вязкостью и температурой изверженного материала и, наконец, различным объемом продуктов извержений. Своеобразное сочетание этих факторов создает разнообразие типов отложений раскаленных потоков, среди которых широко распространены «сваренные туфы», но не редки и свободно аккумулярованные отложения без всяких признаков спекания материала. При изучении зависимости между типами извержений и характером вулканических отложений был создан ряд классификаций раскаленных вулканических потоков (Aramaki, 1956; Williams, 1956; Lacroix, 1904; MacGregor, 1952; Fisher 1958; Enlows, 1955, и др.). В статьях, посвященных этому вопросу, выражено много различных точек зрения, часто противоречивых: применяется различная терминология как в наименовании раскаленных потоков, так и связанных с ними отложений. Но некоторые общие закономерности, отражающие зависимость между типами извержений и соответствующими вулканическими отложениями, выявлены уже достаточно определенно.

Одним из классических примеров извержений, сопровождавшихся образованием значительной массы игнимбритов, служит извержение вулкана Катмаи (Аляска) в 1912 г., описанное Феннером (1920, и др.). Тщательный анализ имеющихся данных позволил Г. С. Горшкову (1959) прийти к заключению, что извержение Катмаи аналогично хорошо изученному и непосредственно наблюдавшемуся извержению вулкана Безымянного (Камчатка) в 1956 г. В обоих случаях эксплозии сопровождались мощными раскаленными потоками, в значительной части состоявшими из пепла стекловатой лавы с примесью обломков старого купола. Весь материал был мелко раздроблен, насыщен газами и сильно раскален (Горшков, 1957). Пирокластические потоки сохраняли высокую температуру длительное время. Горячие фумаролы наблюдались на поверхности Катмайского потока более чем через 10 лет после извержения. Пирокластический поток Безымянного через два года после извержения был интенсивно раз-

мыт водотоками, но в отдельных, сохранившихся от эрозии участках еще существовали фумаролы с температурой до 360° (Шипулин 1960).

Хорошо известны также примеры образования раскаленных потоков и «палящих туч» в связи с поднятием экструзивных куполов (Мон-Пеле, Мартиника; Суфриер, Сан Винсент; Мерапи, Ява; Кратер Лайк, Орегон США; Шипелуч, Камчатка и др.). Однако при некоторых подробно изученных извержениях такого типа Суфриер (Нау, 1959) не установлено сколько-нибудь значительного сваривания пирокластического материала. Значительную часть раскаленного потока Суфриера составили своеобразные, богатые кристаллами туфы, состоящие почти исключительно из обломков и зерен различных минералов. При обсуждении способа происхождения этих отложений Р. Л. Хей высказал предположение, что они отделились от нижней части плотного вертикального столба пепла, выброшенного эксплозией из жерла вулкана на большую высоту над его кратером. Вулканическое стекло, превращенное взрывом в тонкоструктурные частицы пепла, отделяется при этом от кристалловой части и потоками воздуха переносится на большие расстояния.

В работах последних лет японские геологи Ишикава, Минато, Куно и др. (1957) на основании обобщения большого фактического материала, главным образом по плейстоценовому и современному вулканизму Японии, пришли к выводу, что основная часть сваренных туфов и отложений пемзовых потоков и раскаленных туч сопряжена с образованием кальдерных депрессий. По петрографическим признакам японские сваренные туфы однотипны с описанными в литературе игнимбритами.

Приведенные выше и многие другие примеры эксплозивных извержений современных вулканов позволяют выделить особый тип извержений, при котором происходит образование «сваренных туфов», и отметить некоторые условия, необходимые для осуществления этого процесса. Наиболее благоприятными в этом отношении являются извержения типа Катмаи, при которых образуются раскаленные лавины или потоки, движущиеся вниз по склону под действием силы тяжести. Потоки представляют собой газо-твердые смеси и обладают высокой подвижностью. Пирокластические потоки, возникающие в результате эксплозивных вертикальных выбросов в воздух, обычно не сопровождаются свариванием материала. «Черные тучи», связанные с извержением типа Вулкано и часто образующиеся над поверхностью раскаленных лавин, дают отложения несваренных туфов.

Образование «сваренных туфов», очевидно, возможно только в том случае, если пирокластический поток в значительной части состоит из насыщенного газами вулканического стекла; к такому типу относятся шпокластические потоки катмайского типа, а также пемзовые потоки. Образование последних Вильямс (1956) связывает с выдавливанием через трещины в вулканическом конусе богатой газами взрывающейся и вскипающей лавы. Необходимыми для сваривания материала условиями являются также относительно высокая температура и значительная мощность отложений, что определяет, с одной стороны, их медленное охлаждение, с другой, — способствует повышению давления в глубоких частях потоков.

Таким образом, в настоящее время нужно считать доказанным, что вулканические породы, которые здесь обсуждаются, в значительной части имеют пирокластическое происхождение. Находят объяснение многие особенности их сложения, ранее казавшиеся загадочными.

Вместе с тем, в некоторых случаях кажется достаточно обоснованной гипотеза о лавовом происхождении туфолов (Влодавец, 1957)—на Камчатке (Фаворская, 1957), в Приморье, (Петров, 1957), в Армении и других местах.

По-видимому, туфолавы и игнимбриты являются гетерогенными образованиями и могут иметь как лавовое, так и пирокластическое происхождение.

В соответствии с этим вулканические породы, обладающие геолого-петрографическими признаками, свидетельствующими об их пирокластическом происхождении, следует называть, вслед за Маршаллом, игнимбритами; для покровов лав, наделенных такими же петрографическими особенностями, кажется удачным термин туфовая лава или туфолавы, предложенный Абигом.

Однако термин игнимбрит употребляется в настоящее время в очень различном смысле. Иногда его применяют ко всем породам своеобразного облика, независимо от их происхождения, главную часть которых составляет стекловидный цемент и взаимопараллельные включения вулканического стекла, имеющие форму «фьямме». В других случаях игнимбритами называют вулканические породы указанного выше облика, для которых предполагается иирокластическое (но не лавовое) происхождение.

И, наконец, термин игнимбрит все чаще стал применяться как обобщающий термин для всех вулканических пород — производных различного типа раскаленных пирокластических и пемзовых потоков, независимо от степени их сваренности (включая несваренные). Американские геологи (Кук, 1957) при структурно-стратиграфических исследованиях в слоистых вулканических толщах пользуются обобщающим термином и для пирокластических потоков, называя горячей тучей любой тип подвижных раскаленных потоков, представляющих собой газово-твердые смеси; все пирокластические породы — производные этих потоков — объединяются при этом единым термином — игнимбриты.

При детальных вулканологических исследованиях в областях молодого и современного вулканизма возникает необходимость в подробной классификации пирокластических потоков и связанных с ними различных типов вулканических пород. К этим случаям требуется соответствующая дробная терминология. Но при стратиграфическом расчленении древних вулканогенных толщ, когда невозможно установить детали бывших вулканических процессов, необходимы обобщающие термины, достаточные для характеристики крупных стратиграфических подразделений, т. е. имеющие генетический смысл и объединяющие вулканические породы, связанные с однотипным характером извержений. Вместе с тем, принцип, предложенный американскими исследователями, допускает слишком широкое объединение различных пирокластических пород и в нем отсутствуют критерии, на основании которых можно распознать в сильно нарушенных и размытых древних вулканогенных толщах отложения раскаленных туч.

Нам кажется целесообразным применять при геокартировании древних вулканогенных толщ обобщающий термин «игнимбриты» только к отложениям раскаленных пирокластических потоков катмайского типа и пемзовых потоков, для которых характерно сваривание пирокластического материала. Наличие «сваренных туфов» в составе вулканического потока может служить при этом достаточным критерием для отнесения всех составляющих его пород (в том числе и несваренных) к типу игнимбритов. При отсутствии этого признака отложения пирокластических потоков не всегда можно с уверенностью отличить от пирокластических пород другого происхождения, особенно в тех случаях, когда не удается установить характер первоначального залегания покровов.

В соответствии с этим рассмотренные кристаллокластические туфы из кислой вулканогенной толщи Охотского побережья не объединяются нами с игнимбритами, хотя путем сопоставлений можно предполагать

их связь с раскаленными пирокластическими потоками типа Пеле-Суф-риер.

При детальном петрографическом изучении в группе игнимбригов может быть выделен и ряд разновидностей, различающихся по составу обломочной части, степени сваренности цемента, текстурным признакам и прочим, но эти детали при геокартировании являются второстепенными.

Как уже отмечалось, в некоторых случаях породы, подобные сильно сваренным игнимбригам, могут встречаться в лавовых потоках. Главные признаки, которые свойственны только игнимбригам и могут служить достаточными критериями, отличающими их от туфолов, следующие: 1) Геологические признаки. Потоки выравнивают эрозионный рельеф и имеют платообразную поверхность. Характерна значительная протяженность потоков, связанная с их высокой подвижностью. Наблюдаются переходы от сильно сваренных к несваренным породам в пределах одного потока. Серии потоков игнимбригов могут быть разделены относительно тонкими слоями мелкообломочных несваренных туфов, представляющих собой отложения «черной тучи», сопровождающей раскаленную лавину. Границы с лавами обычно резкие. 2) Петрографические признаки. Стекловидная, витрокластическая или пепловая структура цемента (в зависимости от степени сваренности); взаимопереходы между этими типами структур в пределах одного потока. Постоянное присутствие включений стекла, обломков пемзы, кристаллов и посторонних пород. В направлении от основания потока к кровле форма включений стекла меняется от плоской линзовидной (с нерезкими границами) до изометричной угловатой (с четкими контурами). Характерно присутствие тридимита (или псевдоморфоз по нему) в линзах стекла цемента и пустотах. Наблюдается псевдофлюидальность в глубоких частях потоков, исчезающая в направлении к кровле. Структуры течения отсутствуют. В пемзовых потоках в цементе содержатся обильные мелкие обломки пемзы-дужковидные, изогнутые, кольцевидные обломки стекла, в различной степени сваренные друг с другом и в нижних частях потоков преобразованные в сплошную стекловидную массу.

Прочие признаки, которые отмечаются разными авторами при изучении игнимбригов и туфолов, либо являются общими для тех и других, либо не всегда четко выражены и поэтому не могут считаться руководящими.

Установленное в последнее время широкое распространение игнимбригов во многих вулканических областях мира, огромные объемы вулканических продуктов этого типа, их связь с определенными этапами развития вулканических областей и, по-видимому, — с особым типом магматических расплавов, возникающих при определенных тектонических условиях, позволяют рассматривать игнимбриги как особую вулканическую формацию. Главная особенность магматического расплава, образующего потоки игнимбригов, — исключительная насыщенность летучими компонентами и в связи с этим высокая взрывчатость лавы, — свойства, присущие анатектической магне неглубоко залегающих периферических очагов. Извержения лав такого типа сопровождаются особенно интенсивной и длительной фумарольной деятельностью. Эпитермальные месторождения, связанные с кислым вулканизмом, и, прежде всего, месторождения вторичных кварцитов принадлежат, по-видимому, к формации игнимбригов.

ЛИТЕРАТУРА

- Белянкин Д. С. К характеристике брекчиевидных и полосатых лав вулкана Эльбруса.—Докл. АН СССР, 1938, т. XXI, № 5.
- Белянкин Д. С. К вопросу о туфовых лавах Армении.— Изв. Акад. наук СССР, серия геол., № 3, 1952.
- Венчугова М. М. Некоторые данные о распространении магматических пород на территории северо-востока СССР.— Материалы по геол. северо-востока СССР, вып. 10, 1956.
- Влодавец В. И. О происхождении пород, обычно называемых туфолавами и игнимбритами.— Труды Лабор. вулканол. АН СССР, вып. 14, 1957.
- Горшков Г. С. Извержение сопки Безымянной.— Бюлл. вулканол. станции на Камчатке, № 26, 1957.
- Горшков Г. С. К вопросу о классификации некоторых типов взрывных извержений. Материалы к 1-у Всесоюз. вулканол. совещ.—Проблемы вулканизма. Изд. АН Арм. ССР, 1959.
- Заварицкий А. Н. Игнимбриты Армении.— Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1947.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Армянское вулканическое нагорье.— Природа, № 5, 1928.
- Петров В. П. Игнимбриты и туфовые лавы; еще о природе Артик-туфа.— Труды Лабор. вулканол. АН СССР, вып. 14, 1957.
- Сперанская И. М. Меловой вулканизм Охотского пояса северо-востока СССР. Мат. к 1-у Всесоюзн. вулканол. совещ.— Проблемы вулканизма, 1959.
- Устиев Е. К. Мезозойский и кайнозойский магматизм северо-востока СССР.— Материалы по геол. северо-востока СССР, вып. 4, 1949.
- Фаворская М. А. К вопросу о механизме образования некоторых туфолав.— Труды Лабор. вулканол. АН СССР, вып. 14, 1957.
- Шипулин Ф. К. Дайки гранитоидов и некоторые особенности генезиса рудоносных растворов. Петрографические провинции, изверженные и метаморфические горные породы. Междунар. геол. конгресс, XXI сессия. Изд. АН СССР, 1960.
- Агатаки S. The classification of pyroclastic flows. Symposium. J. Geol. Soc. Japan., v. 62, 1956.
- Fenner C. N. The Katmai region, Alaska and the great eruption of 1912. J. Geol., v. 18, N 7, 1920.
- Hay R. L. Formation of the crystal-rich Glowing avalanche Deposits of St. Vincent.— Geol. v. 67, 5, 1959.
- Ishikawa T., Minato M., Kuno H., Matsumoto T. a. Yagi K. Welded tuffs and deposits of pumice flow and nuee ardente in Japan. Congr. geol. internat., XX session, Primer tomo, Mexico, 1957.
- Сок E. F. Stratigraphic and structural utility of layered volcanic rocks. Congr. geol. internat., XX session, Primer Tomo, Mexico, 1957.
- Lacroix A. La Montagne Pelee et ses eruptions. Paris, 1904.
- MacGregor A. G. Eruptive mechanisms: mt. Pelee, the Soufriere of St. Vincent and the Valley of Ten Thousand Smokes.— Bull. Volkanol., ser. II, v. 12, 1952.
- Marchall P. Acid rocks of the Taupo-Rotorua district.— Trans. Roy. Soc. Z. v. 64, pt. 3, 1935.
- Westerveld J. Phases of Neogene and Quaternary volcanism in Asia Minor. Congr. geol. internat., XX session (Primer Tomo). Mexico, 1957.
- Enlows H. E. Welded tuffs of Niricahua National Monument Arizona: Bull. Geol. Soc. America, v. 66, p. 1215, 1955.
- Fisher, R. V., Classification of Volcanic breccias. Bull. Geol. Soc. America, v. 71, N 7, 1960.
- Williams H. Glowing avalanche deposits of the Sudbury basin: Ontario Dept. Mines, 65 th Ann. Rep., v. 65, pt. 3, p. 57, 1957.