

*Цикл научно-образовательных лекций «Музейный абонемент»*

Дубинин Е.П., Скрипко К.А.

## Продукты вулканических извержений. ЛАВЫ И ВУЛКАНОКЛАСТЫ



*Цикл научно-образовательных лекций «Музейный абонемент»*

Дубинин Е.П., Скрипко К.А.

## **Продукты вулканических извержений. ЛАВЫ И ВУЛКАНОКЛАСТЫ**

Учебное пособие к циклу научно-образовательных лекций  
на основе экспозиционного комплекса зала «Магматизм»  
по программе Музея землеведения МГУ «Музейный абонемент»

*Издание подготовлено в Музее землеведения МГУ.  
Рекомендовано к печати решением  
Ученого совета Музея землеведения МГУ от 2 марта 2022 года*

Москва • 2022

Издательство «ОнтоПринт»

УДК 551.217  
ББК 26.324.51я73  
Д79

**Дубинин Е.П., Скрипко К.А.**

Д79 Продукты вулканических извержений. Лавы и вулканокласты : Учебное пособие к циклу научно-образовательных лекций на основе экспозиционного комплекса зала «Магматизм» по программе Музея землеведения МГУ «Музейный абонемент» / Е.П. Дубинин, К.А. Скрипко. – М. : Издательство «ОнтоПринт», 2022 – 4639 Кб (28 экранов).

ISBN 978-5-00121-440-3

© Дубинин Е.П., Скрипко К.А., 2022

**ISBN 978-5-00121-440-3**

## Оглавление

Продукты вулканических извержений.....	4
Состав и вязкость магматических расплавов.....	6
Продукты извержений наземных вулканов.....	7
Продукты извержений подводных вулканов.....	22
Литература.....	25

## Продукты вулканических извержений. ЛАВЫ И ВУЛКАНОКЛАСТЫ

*Вулканы извергают на поверхность Земли эффузивные породы - лавы и вулканогенно-обломочный материал, раздробленный взрывами (вулканокласты: глыбы, бомбы, шлак, песок, пепел). Вулканокласты, уплотняясь и цементируясь, превращаются в вулканические брекчии и туфы. Отложения раскаленных лавин и палящих туч образуют игнимбриты (туфолавы, спекшиеся туфы, пемзовые потоки). Структура лав, характер и обилие вулканокластов зависят от газонасыщенности магмы и определяются условиями извержения (наземными или подводными).*

Тема «Продукты вулканических извержений: Лавы и вулканокласты» раскрыта в экспозиции (авторы: Дубинин Е.П., Кирсанова Е.Л., Скрипко К.А., научный консультант В.А. Апродов, художник Н.И. Ильина), являющейся частью экспозиционного комплекса «Проблемы современного вулканизма», который размещен на 28 этаже Музея землеведения МГУ в зале «Магматизм» (рис. 1). Этот текст может служить учебно-методическим пособием для лекторов, преподавателей и экскурсоводов при проведении учебных занятий и научно-популярных лекций по теме «Вулканизм», а также для студентов естественных факультетов при их самостоятельной работе.

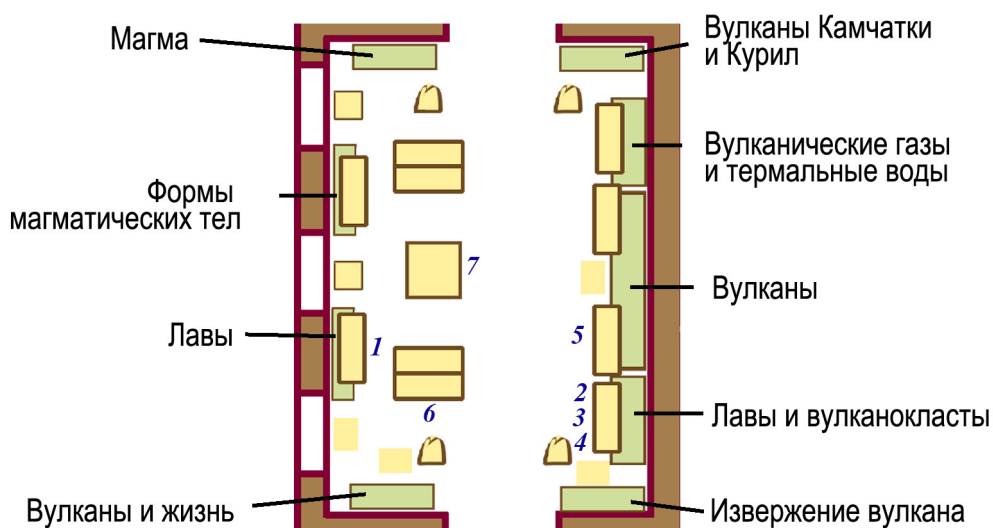


Рис. 1. Схема зала Магматизм.

Коллекции в витринах по теме «Твердые продукты вулканических извержений»:

1 - Лавы вулканов Мира; 2 - Поверхности лавовых потоков; 3 - Рыхлые пирокласты; 4- Вулканические бомбы; 5 - Пемзы и обсидианы; 6 - Спекшиеся и сцементированные вулканокластиты, 7 – Формы вулканических бомб

Стенд «Продукты извержений вулканов: лавы и вулканокласты» состоит из пяти блоков, расположенных в разных уровнях (рис. 2). Их тематика: -1) Лавы и вулканокласты наземных вулканов (диорама – вогнутая плоскость с натурными экспонатами на переднем плане). (2) Вязкость магматических расплавов как функция их химического состава, температуры, содержания растворенной воды (диаграммы, пояснительный текст). (3) Морфология лав и пирокластов как показатель вязкости магмы. (4) Продукты извержения глубоководных вулканов (диорама). (5) Продукты извержения мелководного вулкана на

разных этапах его эволюции. Центральный экспонат (вогнутая плоскость) представлен большим художественным панно, на котором показаны различные типы наземных вулканических извержений и продуктов этих извержений.



Рис. 2 Стенд «Продукты извержений вулканов: лавы и вулканокласты»:

- (1) – лавы и вулканокластиты наземных вулканов;
- (2) – состав и вязкость магм;
- (3) – образование лав и пирокластов;
- (4) – глубоководные извержения;
- (5) – мелководные извержения.

Коллекция извергаемых вулканами лав и вулканокластов размещена в витринах и на подставках в зале (рис.1): 1 – Лавы вулканов Мира, 2 – Поверхности лавовых потоков, 3 – Вулканические бомбы, 4 – Рыхлые пирокласты, 5 – Пемзы и обсидианы, 6 – Спекшиеся и сцементированные вулканокластиты, 7 – Формы вулканических бомб.

Открыто выставлены крупные вулканические бомбы, фрагменты столбчатой отдельности в лавах, гигантский штупф спекшегося туфа-игнимбрита. Коллекция вулканических бомб, находящаяся в экспозиции Музея землеведения МГУ, по красоте и разнообразию форм справедливо считается одной из лучших в России.



## Состав и вязкость магматических расплавов

По происхождению материал, извергаемый вулканами, делится на три группы: ювенильный (*juvenilis* - юный), сформировавшийся при консолидации свежего магматического расплава, поступающего на поверхность в процессе текущего извержения, резургентный (*resurgent* - возрожденный) - материал предшествующих извержений, слагающий постройку вулкана и повторно извергнутый, но уже в твердом состоянии, и ксеногенный (*xenogenous* - чужеродный) - захваченные магмой в процессе ее подъема к поверхности обломки осадочных, метаморфических и магматических пород, слагающих земную кору и верхнюю мантию. Среди последних особый интерес представляют глубинные ксенолиты (гипоксенолиты) оливинитов, перидотитов, пироксенитов и эвкритов, которые могут быть либо исходными породами из зон генерации магмы, либо остатками после выплавления из них магматического расплава (реститами).

Магмой называют огненножидкую расплавленную массу, которая возникает в земной коре или в верхней мантии путем частичного или полного плавления горных пород в зоне генерации магмы и по магматическому каналу поднимается к поверхности.

Магма, находящаяся на глубине под большим давлением, содержит в растворенном состоянии воду, углекислый газ и другие летучие компоненты. В процессе подъема к поверхности, извержения и последующего отвердевания магматические расплавы теряют большую часть первоначально растворенных в ней летучих компонентов. Когда магма изливается на поверхность или медленно выжимается (что зависит от вязкости расплава), а растворенные газы отделяются от расплава спокойно, без взрывов и нарушения его сплошности, то такую частично дегазированную магму называют лавой. Остывая и отвердевая, лавы формируют соответствующего состава эффузивные (излившиеся) породы. Взрывоподобное расширение отделяющихся от расплава вулканических газов (эксплозия) - приводит к дроблению этого расплава, а также ранее излившихся, уже твердых пород и разбрасыванию обломков. Так образуются вулканогенно-обломочные породы (вулканокласты). В зависимости от преобладающих продуктов извержения, выделяют эффузивные извержения (излияние лавовых потоков), экструзивные (медленное выжимание магматического расплава и формирование экструзивных куполов), эксплозивные (вулканические взрывы и образование вулканокластов) и смешанные эксплозивно-эффузивные и эксплозивно-экструзивные извержения.

Магма обычно имеет силикатный состав. Несиликатные расплавы: карбонатитовый, магнетитовый, титаномагнетитовый, хромитовый, сульфидный, апатитовый - крайне редки в природе. Вулканы, извергающие карбонатитовые лавы и пирокласты, известны в Африке и Афганистане, магнетитовые лавовые потоки - в Чили (вулкан Эль-Лако). Другие несиликатные расплавы возникают при ликвации (расслоении на два несмешивающихся расплава) ультраосновных, основных и щелочных магм, а продукты их кристаллизации нередко образуют самостоятельные тела в массивах интрузивных магматических горных пород.

Графический плакат поясняет, что многообразие типов вулканической активности и продуктов эффузивных, экструзивных и эксплозивных извержений определяется широким диапазоном химического состава магм, их вязкости. Подсвечивающаяся шкала вязкости на различной по цвету фоновой подложке показывает зависимость типов лав и вулканокластов от увеличения магматической вязкости, состава магм и содержания воды в магматических расплавах (рис. 2(2)). Их графические зависимости составлены по материалам Н.И.Хитарова и др., Г.П.Вопоровича, Э.С.Персикова.

Состав силикатных расплавов, извергающихся на поверхность Земли, крайне разнообразен. По содержанию  $\text{SiO}_2$  выделяют ультраосновные (45-52%), основные (45-52%), средние (52-65%) и кислые (более 65%) магматические горные породы, а по содержанию щелочей ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) - породы толеитового, нормального (щелочноземельного),

субщелочного и щелочного рядов. Среди продуктов вулканизма наиболее распространены основные и средние эффузивы щелочноземельного ряда (базальты и андезиты).

Все особенности извержений вулканов: эффузивный, экструзивный или эксплозивный характер вулканической активности, сила взрывов, особенности состава вулканогенно-обломочного материала и его доля в общем объеме извергнутого продукта, размер и форма обломков, скорость движения лавовых потоков, морфология лавовых потоков и лавовых куполов – определяются вязкостью и газонасыщенностью магматических расплавов. По данным полевых наблюдений и лабораторных измерений, вязкость изливающихся природных расплавов может колебаться от 70-150 Пуаз<sup>1</sup> для наиболее высокотемпературных (~ 1200° С) базальтовых лав Гавайев до значений порядка 10<sup>8</sup> Пуаз и более для лав экструзивных куполов трахитового и липаритового составов). По мере остывания, кристаллизации и отвердевания (перехода в стекло) вязкость расплавов возрастает, что приводит к прекращению движения лавовых потоков. Уже при температурах 600-800° С эффективная вязкость отвердевших пород достигает 10<sup>20</sup> -10<sup>25</sup> Пуаз.

Факторами, от которых зависит вязкость, являются химический состав расплава, его температура и содержание в нем растворенной воды (парциальное давление H<sub>2</sub>O) и его температура. Зависимость вязкости от этих трех факторов представлена на диаграммах и в таблицах, расположенных в центре, вдоль вертикальной оси стенда (рис. 2).

В ряду базальт - андезит - риолит (гранит), по мере увеличения содержания SiO<sub>2</sub>, вязкость расплавов возрастает. Так, при температуре 1400° С вязкость расплавов пород основного состава (базальтов и диабазов) колеблется от 15 до 400 Пуаз, составляя 80 Пуаз у расплава нефелинового базальта Нагаханама, 120 - 137 Пуаз у оливиновых базальтов Коноури и Гембудо, и 140 Пуаз у андезитобазальта Мотомури (все – Япония). Вязкость лавы Везувия (лейцитовый тефрит) - 256 Пуаз. Вязкость расплавов среднего состава (андезитов) при 1400°С находится в пределах от 150 до 1500 Пуаз, у слюдисто-роговообманкового андезита - 1,6·10<sup>4</sup> Пуаз. Еще выше вязкость кислых расплавов: у роговообманкового гранита - 2·10<sup>6</sup> Пуаз, у расплавов обсидианов различных месторождений - от 1,7·10<sup>5</sup> до 4,4·10<sup>6</sup> Пуаз. Таким образом, вязкость расплавов разного состава при одной и той же температуре 1400° С достигают 3·10<sup>5</sup> Пуаз.

Увеличение парциального давления H<sub>2</sub>O и связанного с ним содержания растворенной в расплаве воды приводит к значительному снижению вязкости расплава. Так, вязкость "сухого" расплава гранита при 1400°С составляет 2·10<sup>6</sup> Пуаз. Уже при содержании H<sub>2</sub>O ~ 3 мол% (P<sub>в</sub>~ 0,25 кбар) вязкость гранитного расплава уменьшается до 10<sup>4</sup> Пуаз, а при 13 мол% H<sub>2</sub>O (P<sub>в</sub>~ 2 кбар) – до 10<sup>2</sup> Пуаз. По мере остывания и кристаллизации вязкость расплавов быстро возрастает. При этом темпы увеличения вязкости нарастают с появлением кристаллов, по мере увеличения их доли. Так, вязкость расплава тефрита (лавы вулкана Везувия) в интервале температур 1400-1300° С увеличивается почти втрое (с 256 до 730 Пуаз), в интервале 1300-1200° С – почти вчетверо (с 730 до 2760 Пуаз), а в интервале 1200-1100° С – более чем в 10 раз (до 28300 Пуаз). По данным полевых измерений Минаками, вязкость базальтового лавового потока вулкана Михара (о.Оосима, Япония), изливавшегося в 1951 г., составила 5,6·10<sup>3</sup> Пуаз при 1125°С, 1,8·10<sup>4</sup> Пуаз при 1108°С, 7,1·10<sup>4</sup> - при 1083°С и 2,3·10<sup>5</sup> - при 1038°С, т.е. в процессе остывания лавы на 87° вязкость ее возросла в 41 раз.

## Продукты извержений наземных вулканов

Продукты извержений наземных вулканов исключительно разнообразны по химическому составу, вязкости, морфологии, что, в конечном итоге, обусловлено большим разнообразием условий возникновения магматических расплавов, перемещения их к поверхности, взаимодействия с вмещающими породами и дифференциации. При наземных извержениях

<sup>1</sup>1 Пуаз= 1 дин·см<sup>-2</sup>·с = 1 г·см<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>



вулканов огромную роль играют летучие компоненты, которые первоначально были растворены в магматическом расплаве, а затем, в процессе извержения на поверхность, покидают его, иногда спокойно, иногда со взрывом, разрушающим сплошность пород. Это позволяет разделить продукты извержений вулканов на две естественные группы: продукты эффузивных и экструзивных извержений (лавы), и продукты эксплозивных извержений (вулканокласты).

Лавы. Излияние на поверхность Земли магматических расплавов низкой и средней вязкости приводит к образованию лавовых потоков (Рис. 2(3), рис.3). Морфоструктурные особенности лавовых потоков, скорость их излияния, протяженность и мощность определяются вязкостью магматического расплава. Среди лав наземных вулканических извержений в порядке увеличения вязкости выделяют волнистые, шлакоглыбовые, глыбовые и блоковые лавовые потоки (рис. 4). Вязкая магма, выжимаясь из жерла вулкана, формирует лавовые купола и обелиски.



Рис.3 Коллекция «Лавы вулканов мира». Иллюстрированный каталог и описание:  
[http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_lvms.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_lvms.pdf)



Рис.4. Коллекция «Поверхности лавовых потоков». Иллюстрированный каталог и описание:  
[http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_pl.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_pl.pdf)

Волнистые лавы (синоним - канатные лавы; гавайское название - пахоэхоэ) характерны для наименее вязких, быстро движущихся высокотемпературных потоков базальтовой лавы, типичных для извержений гавайского типа. Они известны на Гавайях, в Исландии, на Канарских островах, на о.Реюньон, на Камчатке (некоторые конуса

Толбачинского дола, в т.ч. Южный прорыв Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) 1976 г.). Волнистые лавовые потоки обычны также для вулкана Везувий, где лавы представлены лейцитовыми тефритами. Вязкость лавы так мала, что она разливается отдельными струйками мощностью всего несколько см, образующими натеки, лопасти, фестоны на поверхности потока. Остывающая, т.е. более вязкая, но еще пластичная корка лавового потока деформируется при движении, скручивается в складки.

Первоначально газы, выделяющиеся из лавы, свободно проходят сквозь нее. Лава пузырится и "дышит", как жидкая каша на печке. Когда вязкость лавовой корки возрастает настолько, что она становится препятствием на пути выделяющихся из расплава и всплывающих к поверхности пузырей газов, они начинают скапливаться и лава под коркой становится похожей на пену, с тонкими пленками расплава, разделяющими крупные газовые пузыри. Таковы, например, представленные в экспозиции образцы лавы Южного прорыва (БТТИ) (рис.5).

Вследствие увеличения объема лавы при ее дегазации нередко также наблюдается вспучивание участков поверхности лавового потока и возникновение в таких местах поверхности «типа хлебной корки» с сеткой затухающих на глубину трещин растяжения (Рис. 6). Когда, наконец, верхняя и нижняя части потока отвердевают и лавовый поток останавливается, вещество в его внутренних частях все еще остается в жидко-текучем состоянии и при нарушении корки во фронтальной части потока часть лавы может вытечь. Так возникают туннели, характерные для волнистых лав многих районов действующих вулканов. Они известны и в лавовых потоках Толбачинского дола на Камчатке. На Канарских островах туннели достигают многих километров в длину и посещаются туристскими группами.

Шлакоглыбовые лавовые потоки (гавайское название аа-лавы) обычны для базальтовых лав низкой и средней вязкости, т.е. для вулканов, извергающихся по гавайскому и стромболианскому типам. Они характерны для вулканов Гавайских островов, Исландии, базальтовых вулканов Камчатки и Курильских островов (Ключевский, Плоский Толбачик, Алаид), причем часто шлакоглыбовые лавовые потоки изливаются из тех же жерл, что и волнистые лавы (Рис.7).

Имея химический состав, сходный с составом волнистых лав того же вулкана, они отличаются несколько меньшей температурой, и, следовательно, большей вязкостью. В связи с этим корка, возникающая на поверхности такого лавового потока, находится в твердом, а не в вязко-пластичном состоянии и при движении потока она не сминается в складки, как у канатных лав, а разрывается на отдельные пластины с неровной шлаковой поверхностью. От типичных глыбовых лав, о которых пойдет речь ниже, аа-лавы отличаются меньшим размером обломков (обычно до 1 м, редко - это пластины корки с поперечником до 1,5 м) и большим их спеканием. В разрезе потоки шлакоглыбовых лав - это отдельные небольшие по мощности (2-6 м, реже до 10 м) монолитные потоки, верхняя часть которых представляет собой взломанную и затем сваренную шлаковую корку.

ПРОДУКТЫ ИЗЛИЯНИЙ ГАВАЙСКОГО ТИПА Волнистые и канатные лавовые потоки (базальты)		
<p><b>БАЗАЛЬТОВАЯ ЛАВА</b> кровля полости вытекания под коркой потока волнистых лав</p> <p>Лава серого цвета, базальтовая ВФ 1269 Лава серого цвета, базальтовая корка ВФ 1268</p>	<p>Южный прорыв Большого треинного Толбачинского извержения в 28 км к БВ от влк. Плоский Толбачик, Толбачинский дол, Камчатка Поток излился в конце 1975 г.</p>	<p>Дар проф. А.Е.Святловского, ЦИНИГРИ, Дар С.Н. Беды, студента геол.ф- та МГУ</p> 
<p><b>БАЗАЛЬТОВАЯ ЛАВА</b> кровля полости вытекания под коркой потока волнистых лав</p> <p>Лава базальтовая, кровля потока волнистой лавы над полостью вытекания ВФ 14196</p>	<p>Побочное извержение 2012-13 гг. на ЮВ склоне вулкана Плоский Толбачик, Камчатка. Поток излился в мае 2013 г., отобран 15.08.2013г.</p>	<p>Из колл. А.А.Лукашева, кафедра геоморфологии географического факультета МГУ</p> 
<p><b>БАЗАЛЬТОВАЯ ЛАВА</b> поверхность потока волнистых лав с трещинами типа хлебной корки</p> <p>Базальтовая корочка черного цвета, поверхность трещиноватая ВФ 67</p>	<p>Вулкан Плоский Толбачик, Камчатка</p>	<p>Из колл. Б.И.Пийла, 1941 г. Ключевская вулканостанция, пос.Ключи-на- Камчатке</p> 
<p><b>КАНАТНАЯ ЛАВА, БАЗАЛЬТ</b> фрагмент поверхности лавового потока</p> <p>Лава базальтовая канатная, фрагмент поверхности лавового потока ВФ 14197</p>	<p>Побочное извержение 2012-13 гг. на ЮВ склоне вулкана Плоский Толбачик, Камчатка. Поток излился в мае 2013 г., отобран 15.08.2013г.</p>	<p>Из колл. А.А.Лукашева, кафедра геоморфологии географического факультета МГУ</p> 

Рис.5. Волнистые лавы, типичные для извержений гавайского типа из коллекции «Поверхности лавовых потоков». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_pl.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_pl.pdf)

<p><b>КАРАВАЕОБРАЗНАЯ</b> с поверхностью типа хлебной корки</p> <p>ВФ 9609</p>	<p>Камчатка</p> 
<p><b>КАРАВАЕОБРАЗНАЯ</b> с поверхностью типа хлебной корки (фрагмент)</p> <p>ВФ 11990</p>	<p>Восточная Камчатка состав - базальт</p> <p>Дар Г.П. Авдейко, 1988 г. Институт вулканологии, Петропавловск- Камчатский</p> 

Рис.6. Вулканические бомбы с поверхностью типа хлебной корки. Из коллекции «Формы вулканических бомб». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_fb.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_fb.pdf)



ПРОДУКТЫ ИЗВЕРЖЕНИЙ СТРОМБОЛИАНСКОГО ТИПА Шлакоглыбовые (aa) лавы и шлаки (андезитобазальты)			
<p><b>ШЛАКОВАЯ БАЗАЛЬТОВАЯ ЛАВА</b> поверхность шлакоглыбового (aa) лавового потока</p> <p>Базальт черного цвета, шлаковый ВФ 66</p>	<p>Лавовый поток кратера Заварицкогонимного (эффузивного) побочного кратера Юбилейного прорыва (извержение 1945 г.) Ключевского вулкана, Камчатка</p>	<p>из колл. С.И. Набоко, 1946 г.</p>	
<p><b>ШЛАКОВАЯ БАЗАЛЬТОВАЯ ЛАВА</b> поверхность шлакоглыбового (aa) лавового потока</p> <p>Базальт черного цвета, шлаковый ВФ 65</p>	<p>Лавовый поток кратера Билюкай побочного кратера (извержение 1938-39 гг.) Ключевского вулкана, Камчатка</p>	<p>Из колл. С.И. Набоко и А.А. Меняйкова, 1938 г.</p>	
<p><b>ШЛАКОВАЯ БАЗАЛЬТОВАЯ ЛАВА</b> поверхность шлакоглыбового (aa) лавового потока</p> <p>Базальт черного цвета, шлаковый ВФ 68</p>	<p>Лавовый поток кратера Апахончич, побочного кратера (извержение 1946 г.) Ключевского вулкана, Камчатка</p>	<p>Из колл. С.И. Набоко, 1946 г.</p>	

Рис. 7. Шлакоглыбовые (aa) лавы из коллекции «Поверхности лавовых потоков». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_pl.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_pl.pdf)

Глыбовые и блоковые (санторинские) лавовые потоки характерны для лав высокой и средней вязкости андезитового, дацитового, реже базальтового состава. Они широко распространены в пределах т. н. «Тихоокеанского огненного кольца» и типичны для вулканов островных дуг, окраин континентов и зон коллизии, извергающихся по вулканическому типу - самому распространенному типу извержений вулканов. Отвердевшие лавы во фронтальной и поверхностной частях лавового потока взламываются под воздействием медленно движущейся еще пластичной лавы во внутренней его части и распадаются на полиэдрические глыбы размером 0,2-1 м. От шлакоглыбовых лав гавайских вулканов глыбовые лавовые потоки отличаются гораздо большим размером глыб, полиэдрической, а не плитообразной их формой, гладкой поверхностью раскола, почти полным отсутствием спекания, значительно большей толщиной зоны брекчирования, большей мощностью лавовых потоков, нередко достигающей десятков метров.

Глыбовые лавовые потоки обычно представлены плотными, слабо пористыми породами. Во внутренней, медленно охлаждающейся части таких потоков часто наблюдается столбчатая отдельность. Возникающие при уменьшении объема трещины ориентированы приблизительно перпендикулярно поверхности охлаждения и формируют длиннопризматические столбы с углом между гранями 120°.

Экструзивные купола формируются при выдавливании на поверхность наиболее вязкой магмы, содержащей сравнительно мало растворенных газов. При извержении газонасыщенной вязкой магмы образуются агломератовые потоки, о которых речь пойдет ниже. Выжимание лавовых куполов характерно для заключительных фаз извержений пелейского типа, когда вслед за извержением обогащенной летучими верхней части лавовой колонны на поверхность начинают поступать более бедные летучими компонентами порции магмы. Состав лав экструзивных куполов - от андезитов до риолитов и трахитов.

Характерными примерами являются изображенные на картинах во фризовом поясе и стендах зала «Магматизм» андезитовые купола вулкана Шивелуч и андезитодацитовые - вулкана Безымянного на Камчатке, андезитодацитовый лавовый обелиск, выдавленный из кратера вулкана Мон-Пеле (о.Мартиника, Малые Антильские острова), риолитовые и трахитовые купола нагорья Тибести в Африке. С поверхности экструзивные купола имеют глыбовое или блоковое строение. Со временем внешняя трещиноватая рубашка лавового купола осыпается, обнажая монолитную внутреннюю часть, нередко имеющую столбчатую отдельность.

**Вулканокласты.** Продукты эксплозивных извержений объединяют под общим названием вулканокласты (вулканогенно-обломочные породы). По происхождению вулканокласты подразделяют на **пирокласты**, (от греческого «пирос»– огонь) – обломки, возникшие при дроблении раскаленной, еще пластичной лавы, и **реокласты** (резургентные вулканогенно-обломочные породы) – раздробленные и перемещенные вулканическими взрывами обломки давно уже остывших и отвердевших пород прежних извержений, а также невулканических пород, слагающих прослойку вулкана.

По размеру обломков среди пирокластов выделяют: вулканические бомбы (>5 см), лапилли (0,5-5 см), вулканический песок (0,05-0,5 см) и пепел (<0,05 см).

К реокластам применяют классификацию обломочных пород, выделяя среди обломков глыбы, щебень, дресву, песок и пыль. Литифицированные крупно- и грубообломочные вулканокласты называют вулканическими брекчиями (туфобрекчиями) и лапиллиевыми туфами, сцементированные мелко- и тонкообломочные вулканокласты - вулканическими туфами, выделяя, в зависимости от преобладающего размера обломков, псефитовые, псаммитовые, алевритовые и пелитовые разности. По характеру обломков различают витрокластические (обломки представлены стеклом), кристаллокластические, литокластические (обломки пород) и литокристаллокластические туфы.

Пористый, пузыристый вулканогенно-обломочный материал (с размером обломков от грубого песка до глыб) носит названия **шлак** (для пород основного состава) и **пемза** (для кислых) (Рис. 8, 9).



Рис. 8. Коллекция «Рыхлые пирокласты». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_rp.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_rp.pdf)





Рис. 9 Коллекция «Пемзы и обсидианы». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_po.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_po.pdf)

Особую группу вулканокластов составляют спекшиеся породы, среди которых в порядке увеличения степени спекания выделяют спекшиеся и сваренные туфы и туфолавы. Спекшиеся шлаки, бомбы, лапилли и пепел базальтового состава называют агглютинатами, а в различной степени спекшиеся пемзовые отложения, туфы и туфобрекчии кислого состава – игнимбритами (Рис. 10).



Рис. 10. Коллекция «Спекшиеся и цементированные вулканокластиты». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_ss.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_ss.pdf)

Морфологические особенности пирокластов, для вулканогенно-обломочного материала в общем объеме извергнутых продуктов и доля ювенильного материала в общем объеме вулканокластов определяются, подобно тому как было выше показано для лавовых потоков и экструзивных куполов, вязкостью и газонасыщенностью магмы. С увеличением вязкости расплава доля вулканобломочного материала увеличивается от примерно 2% для извержений щитовых вулканов Гавайев до 100% чисто взрывных извержений типа Кракатау 1883 г., Тамбора 1815 г. в Индонезии и др. Вулканогеннообломочные породы вулканов с магмой низкой вязкости практически на 100% представлены свежим ювенильным материалом. Доля ювенильного и резургентного материала в продуктах извержений вулканов с магмой средней и высокой вязкости колеблется в широких пределах от примерно



равных количеств свежего пирокластического материала и обломков пород, слагающих постройку вулкана, до полного отсутствия свежего материала в случае фреатических извержений.

**Пирокласты:** вулканический пепел, песок, лапилли – продукты дробления раскаленного свежего лавового материала при взрывоподобном отделении растворенных в нем летучих (См. рис.8). Сила взрывов возрастает с увеличением вязкости и отделении газов от лав средней и высокой вязкости (вулканский и пелейский тип извержения) дроблению взрывами подвергаются и холодные продукты прежних извержений. В этом случае вулканические туфы и пеплы могут содержать большую или меньшую примесь резургентного материала.

При дроблении взрывами как свежего, ювенильного материала, так и старых лав, нередко происходит выкалывание кристаллов – вкрапленников из вмещающей породы, что обусловлено разной механической прочностью кристаллов и основной массы, часто пузыристой, пористой, шлаковидной.

Среди пирокластики иногда встречаются крупные (несколько см) кристаллы-лапилли – отделившиеся от породы хорошо образованные кристаллы и их сростки (Рис.11).

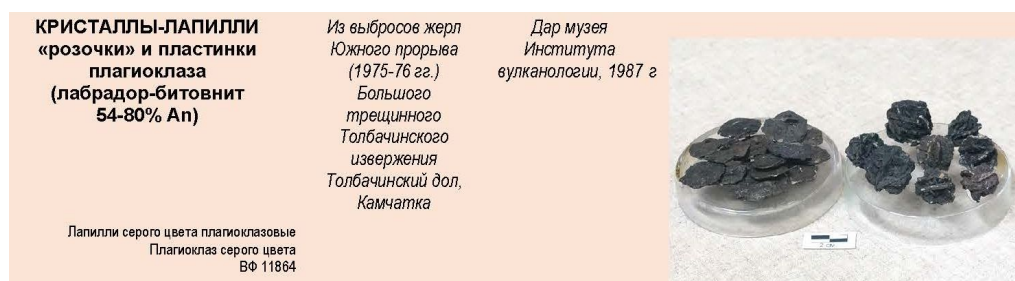


Рис.11. Лапилли из коллекции «Рыхлые пирокласты». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_rp.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_rp.pdf)

В выбросах побочных конусов Плоского Толбачика (1941 и 1976 гг.) они представлены крупными пластинчатыми кристаллами и сростками – розочками плагиоклаза состава лабрадор - анортит, на вулкане Мияке-сима – анортитом, на Везувии - лейцитом и авгитом, на Эребусе – анортоклазом.

При взрывах вулканического типа обломки вместе с газами выбрасываются на высоту от сотен метров до километров (при сильных извержениях – до 15-80 км). Затем пепло-газовая туча перемещается воздушными течениями и при выпадении из нее происходит разделение обломочного материала по размеру, пористости и плотности. По мере удаления от кратера быстро убывает общее количество выпадающего вулканогенно-обломочного материала, уменьшается доля крупных обломков (бомб, глыб), а затем и грубообломочного материала (лапилли). Среди обломков одинакового размера по мере удаления от центра извержения плавно и закономерно уменьшается доля обломков плотных пород, кристаллов-вкрапленников и увеличивается доля обломков пористого шлаковидного материала. Такое разделение обломков по мере удаления от центра извержения неизбежно должно сопровождаться и сопровождается закономерным изменением химического состава вулканокластов.

При геологическом описании продуктов современных извержений (пеплов) и в особенности древних, литифицированных вулканогенно-обломочных пород (туфов) выделяют по химическому составу пеплы и туфы базальтового, андезитового, дацитового, риолитового, трахитового и иного состава. Учитывая выше изложенное, становится ясным, почему химический состав вулканических пеплов и туфов, особенно их мелко- и тонкообломочных разновидностей, может и должен существенно отличаться от состава одновременно изливающейся лавы. Так, тонкие пеплы андезитовых и базальтовых вулканов Камчатки и Курил имеют липаритовый и трахитовый состав.

Обычно при геологическом описании продуктов современных извержений (пеплов) и в особенности древних литифицированных вулканогенно-обломочных пород (туфов) выделяют по химическому составу пеплы и туфы базальтового, андезитового, дацитового, риолитового, трахитового и иного состава. Учитывая вышеизложенное, становится ясным, почему химический состав вулканических пеплов и туфов, особенно их мелко- и тонкообломочных разновидностей, может и должен существенно отличаться от состава одновременно изливающейся лавы. Так, тонкие пеплы андезитовых и базальтовых вулканов Камчатки и Курил имеют липаритовый и трахитовый состав.

Вулканические бомбы представляют собой крупнообломочный материал, т. е. материал, который был извергнут в огненножидком или вязко-пластичном состоянии. В порядке увеличения вязкости лавового материала, выделяют лепешкообразные фигурные (крученые) бомбы и полиэдрические бомбы. В экспозиции Музея представлены уникальные образцы вулканических бомб, различающихся по своей форме (Рис. 12, 13).

Лепешкообразные вулканические бомбы (бомбы «типа коровьих лепешек») типичны для извержений гавайского типа. Они являются выплесками очень жидкой лавы из лавовых бокк и кратерных озер. Вязкость извергаемого расплава очень низка и в процессе охлаждения во время полета в воздухе возрастает незначительно. Обрывки лавы, выброшенные в огненножидком состоянии, даже к моменту падения на землю сохраняют тестообразное, жидко-текучее состояние и расплескиваются тонким слоем, облекая все неровности микрорельефа. Большинство «лепешек» бывает диаметром с тарелку, но иногда они достигают 3 м в поперечнике. Лепешкообразные бомбы однородны и сложены очень пористым шлаком темносерого или табачного цвета. Падая друг на друга, лепешкообразные бомбы свариваются и образуют покровы сварных шлаков (агглютинатов). Такие покровы формируются обычно у лавовых фонтанов при трещинных извержениях.



Рис. 12. Коллекция «Вулканические бомбы». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_vb.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_vb.pdf)



Рис.13. Коллекция «Формы вулканических бомб». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_fb.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_fb.pdf)

**Шлаки.** Вместе с лепешкообразными и кручеными вулканическими бомбами выбрасывается большое количество шлака – изометрических обрывков пористой лавы. Размер кусков шлака - от нескольких мм до десятков см (шлаковые бомбы, лапилли, песок) (Рис.14).

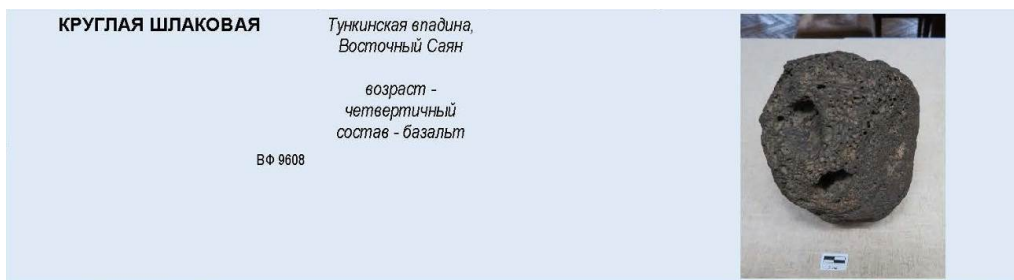


Рис.14. Шлаковая вулканическая бомба. Образец из коллекции «Вулканические бомбы». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_vb.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_vb.pdf)

Вместе с бомбами шлаки формируют шлаковые конуса, высота которых может колебаться от нескольких метров до 300-400 м. По цвету, пористости и однородности шлаки похожи на лепешкообразные бомбы. Однако, вследствие меньшей температуры, падающие на Землю обрывки шлаков не спекаются. Процессы агглютинации, при которых шлаки, бомбы, лапилли и пепел свариваются в плотную массу, наблюдаются лишь на некоторой глубине в теле шлаковых конусов, где спекание обусловлено вторичным разогревом при окислении части двухвалентного железа лав. При этом цвет шлаков и бомб меняется с темносерого или черного на вишнево-красный. Эти агглютинаты обнажаются при размыве шлаковых конусов.

**Крученые:** веретенообразные, грушевидные и спиралевидные бомбы приобретают свою форму при отрыве и во время полета (Рис.15). Вязкость выбрасываемого лавового



материала выше, чем у лепешкообразных бомб, и, вследствие охлаждения, во время полета существенно возрастает. Первоначально, в момент выброса, лавовый материал, слагающий бомбу, находится в пластичном, тестообразном состоянии. За несколько секунд, пока бомба, вращаясь и кувыркаясь, находится в полете, ее поверхностный слой отвердевает настолько, что падающие на землю бомбы не расплескиваются в лепешку, а в основном сохраняют форму, приобретенную во время полета. В целом крученые бомбы менее пористы, чем лепешкообразные, и неоднородны по строению. Их внешняя, отвердевшая за время полета корка толщиной 3-10 мм – более плотная, с мелкими округлыми пузырьками, четко отличается от внутренней части бомбы, которая часто содержит крупные газовые пузыри неправильной формы.





<p><b>ВЕРЕТЕНООБРАЗНАЯ</b></p> <p>ВФ 73</p>	<p>Камчатка, состав - базальт</p>	<p>Из колл. Лаборатории вулканологии АН СССР, 1953г.</p>	
<p><b>ЛЕНТОЧНАЯ, СМЯТАЯ шлаковая</b></p> <p>ВФ 107</p>	<p>Норадуский вулкан, берег оз.Севан близ г.Нор-Баязет (Камо), Гегамское нагорье, Армения состав - андезитобазальт</p>	<p>Сборы НИИ Геологии, 1950г.</p>	
<p><b>КРУГЛАЯ</b></p> <p>ВФ 477</p>	<p>Тунжинская впадина, Восточный Саян</p>		
<p><b>СИГАРООБРАННАЯ</b></p> <p>СФ 894/42</p>	<p>Вулкан Тятя, о. Кунашир извержение 1812 г. Состав - оливиновый базальт</p>	<p>Сборы А.Т.Куракина, 1955г.</p>	

Рис.15 Образцы из коллекции «Формы вулканических бомб». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_fb.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_fb.pdf)

Среди фигурных крученых бомб, особенно в выбросах моногенных вулканов - ареальных и побочных шлаковых конусов – довольно обычны бомбы обволакивания («облепыши») – округлые или косточкообразные (в форме косточки персика) бомбы, представляющие собой обломки разнообразных чужеродных горных пород – ксенолиты – окруженные тонкой (от нескольких мм до нескольких см) оболочкой из свежей лавы. Ядра этих бомб являются обломками пород из обрамления вулканического канала, встреченных расплавом по пути к поверхности. Вулканы, таким образом, подобно буровым скважинам, позволяют получить каменный материал из фундамента вулканической постройки (Рис.16).

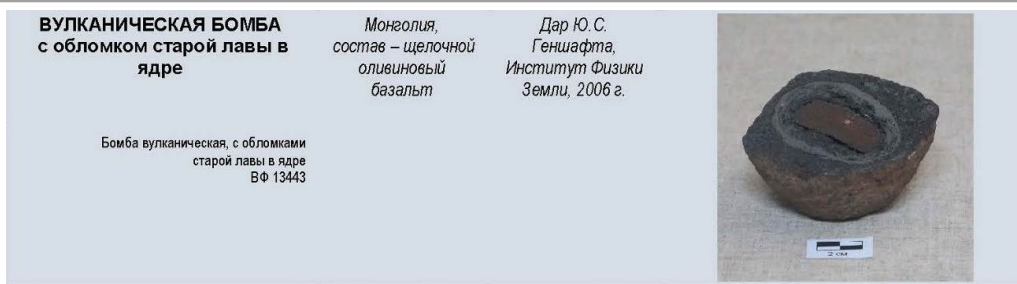


Рис. 16. Образец из коллекции «Вулканические бомбы». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_vb.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_vb.pdf)

Полиэдрические бомбы с поверхностью типа хлебной корки характерны для вязких лав, т. е. лав, температура которых близка к температуре отвердевания (остеклования) расплава. Выброшенная в вязко-пластичном состоянии, бомба в процессе полета остывает с поверхности и быстро покрывается твердой стекловатой коркой толщиной от долей сантиметров до нескольких сантиметров. При этом ее более горячая внутренняя часть не только сохраняет вязко-пластичное состояние, но и продолжает увеличиваться в объеме вследствие дегазации расплава и роста газовых пузырей. Увеличивающееся в объеме пемзоподобное ядро бомбы взламывает отвердевшую стекловатую корку, и на поверхности бомбы возникают клиновидные трещины, как на корке хлеба. При толстой корке этот процесс может сопровождаться взрывом в воздухе с разбрасыванием обломков. Размер бомб с поверхностью «типа хлебной корки» – от нескольких сантиметров до многих метров.

Полиэдрические бомбы обычны для извержений наиболее распространенного типа наземных извержений – вулканического (См.Рис.6).

Эксплозивные глыбы, в отличие от вулканических бомб, представляют собой не ювенильный, а резургентный материал, т. е. материал давно остывший и отвердевший. Наиболее крупных размеров достигают глыбы лавы старых экструзивных куполов и лавовых потоков. Самая большая из описанных в литературе eksploзивных глыб размером 81x31 м была выброшена во время катастрофического извержения вулкана Асама-яма (о.Хонсю, Япония) в 1973 г. Сильными вулканическими взрывами, которые характерны для извержений пелейского, бандайсанского и вулканического типов, гигантские eksploзивные глыбы перемещаются иногда на многие километры. Так, мощным направленным взрывом 12 ноября 1964 г. гигантские eksploзивные глыбы до 25 м в поперечнике (т. е. весом в несколько сотен тонн), фрагменты уничтоженных этим взрывом внутрикратерных экструзивных куполов Суелич и Арбузик вулкана Швелуч, были выброшены на расстояние до 12-16 км от кратера.

Отложения направленных взрывов – характерны для вулканических извержений пелейского и бандайсанского типов. Это сильные взрывы, при которых объем выброшенных пород может достигать многих куб. км и нередко разрушается значительная часть постройки вулкана.

Материал отложений направленных взрывов – несортированный очень разнородный по набору горных пород и размеру обломков. Помимо eksploзивных глыб, представленных старыми лавами, в отложениях направленного взрыва вулкана Швелуч, также как в аналогичных отложениях других вулканов (Безымянный 1956 г., Сент-Хеленс 1980 г.) присутствовали обломки различных по происхождению вулканических и невулканических пород (гидротермально- и фумарольно-измененных, кратерно-озерных, ледниковых, склоновых и др.), слагающих вулканическую постройку. Среди материала направленного взрыва вулкана Швелуч (1964 г.) были даже встречены уникальные ледяные «бульбы» – принявшие обтекаемую форму глыбы льда внутрикратерных ледников.

Отложения направленных взрывов коренным образом отличаются от вулканофрагментов, отлагающихся при выпадении из пеплогазовых туч, которые поднимаются над кратером при вертикальных выбросах, так характерных для вулканического типа извержений. Для продуктов

эксплозий вулканического типа характерны следующие признаки. 1. Обязательно присутствует раскаленный ювенильный материал. 2. Ксеногенный материал (обломки пород из фундамента вулкана) и обломки невулканических пород, включая породы, которые подверглись интенсивной газовой и гидротермальной переработке, присутствуют в незначительном количестве. 3. Может присутствовать большее или меньшее количество резургентного материала, т. е. обломков старых лав и пирокластов. 4. При изучении распределения материала в пространстве выявляется, что наибольшее количество обломочного материала и наиболее крупные обломки выпадают вблизи кратера, в пределах вулканического конуса, а при удалении от центра извержения наблюдается постепенное уменьшение мощности слоев и закономерное изменение размера обломков.

Напротив, в отложениях направленных взрывов, характерных для начального этапа извержений пелейского типа, весь выброшенный материал представлен холодным материалом продуктов старых извержений и невулканических пород, слагавших постройку вулкана. Разделение материала по размеру обломков и их плотности не происходит, т. к. вся масса передробленных взрывом пород перемещается как единое тело. Обычно вблизи конуса вулкана отложение обломков не происходит, и максимальной мощности отложения направленного взрыва достигают на расстоянии нескольких километров (у отложений взрыва вулкана Шивелуч 12 ноября 1964 г. – на расстоянии 10-16 км) от кратера.

Разнообразие состава обломков, наличие значительного количества материала невулканических пород, отсутствие сортировки, одновременное присутствие гигантских глыб и тонкозернистого материала делают отложения направленных взрывов очень похожими на отложения ледников (морены) и временных грязекаменных потоков (лахаров, селей). Отличить их можно только при детальном изучении распределения в пространстве, анализе мощностей и взаимоотношений с элементами рельефа и с другими комплексами пород. В частности, морены и отложения лахаров приурочены к долинам, тогда как отложения направленных взрывов могут залегать и на возвышенностях, не считаясь с рельефом.

Отложения пирокластических агломератовых потоков характерны для вулканов с вязкой магмой. Присутствие их среди продуктов извержения является основанием извергающихся по пелейскому типу.

Их извержению предшествуют отдельные взрывы, нередко приводящие к разрушению значительной части старой постройки вулкана. Затем происходит извержение находящегося в канале ювенильного материала. Верхняя часть магматической колонны, обогащенная растворенными летучими компонентами, образует раскаленные пемзовые и пирокластические потоки, огненными лавинами скатывающиеся по склонам вулкана. Извержение завершается выдавливанием из канала вулкана более бедных летучими порций вязкой магмы, которые формируют экстрезивные лавовые купола.

Скачкообразное падение давления в канале, наступающее после разрушения лавовой пробки или части вулканической постройки, вызывает мгновенное выделение из расплава ранее растворенных летучих. Выделяющиеся из расплава водяной пар и вулканические газы вспенивают его и еще в верхней части канала вулкана разрывают на обрывки различного размера. Смесь газов и обломков с огромной скоростью перемещается сначала в жерле, а затем по склонам вулкана.

Материал пирокластических потоков – сравнительно однородный по петрографическому, но не однородный по гранулометрическому составу агломерат, рыхлый или в различной степени спекшийся. Обломки представлены преимущественно светлоокрашенными пемзоподобными, в меньшей степени плотными лавами. Крупные обломки, размером сантиметры – десятки сантиметров, в той или иной степени окатаны, частицы пылевых и песчаных размеров – угловатые.

Степень спекания пемзового агломерата зависит от общего объема извергнутого материала и мощности пирокластических потоков. Так, на агломератовых потоках,



извергнутых 12 ноября 1964 г. вулканом Шивелуч ( $1,5 \text{ км}^3$  агломерата, энергия извержения -  $2,5 \cdot 10^{23}$  эрг), спекание было отмечено главным образом в районе выходов газовых струй, а в Долине «Десяти Тысяч Дымов», где на площади  $140 \text{ км}^2$  мощным покровом отложилось около  $16 \text{ км}^3$  мелкодробленой пемзы, извергнутой 6 июня 1912 г. вулканом Катмай (общий объем извергнутых пород – до  $21 \text{ км}^3$ , энергия извержения –  $2,02 \cdot 10^{26}$  эрг), спекание наблюдалось по всей площади, вплоть до образования типичных игнимбритов.

*Игнимбриты* представляют собой совокупность в различной степени спекшихся кислых изверженных пород. В порядке увеличения степени спекания выделяют: сваренные туфы, спекшиеся туфы и туфолоавы. Игнимбриты образуют покровы, развитые на огромных площадях – в ряде случаев до нескольких десятков тысяч  $\text{км}^2$  и имеющие значительную мощность – десятки, сотни метров, иногда до 600 м. В крупных телах игнимбритов наблюдается вертикальная зональность: залегающие в кровле и подошве рыхлые туфы, сложенные несваренным пемзовым материалом, в направлении к внутренним частям покрова постепенно сменяются в разной степени спекшимися породами (туфолоавами). Для игнимбритов характерна полосчатая флюидальная этакситовая текстура, возникающая в процессе движения пирокластических потоков. В спекшихся разностях игнимбритов обычны линзообразные включения новообразованного стекла – «фьямме», вытянутые параллельно подошве и кровле покрова (Рис.17).

Игнимбриты, как полагают, являются продуктом гигантских извержений кислой магмы, в сравнении с которыми крупнейшие вулканические катастрофы XX века: извержения вулканов Мон-Пеле 1902 г., Катмай 1912 г., Безымянный 1956 г., Шивелуч 1964 г., Сент-Хеленс 1980 г. – являются лишь их слабыми аналогами.

Возникновение огромных объемов кислой магмы связано с плавлением богатых кремнеземом пород земной коры (пород осадочного и «гранитно-метаморфического» слоев). Поэтому не случайно, что гигантские поля игнимбритов характерны для зон современной и недавней активности в пределах регионов с толстой земной корой континентального типа: для активных окраин континентов андийского типа (Северная и Южная Америки), зон коллизий (Армения), а также энсиалических островных дуг (Южная Камчатка, Новая Зеландия и др.) и отсутствуют в пределах зон вулканизма, развитых на коре океанического типа (Гавайи, Исландия и др.).

Спекание пирокластического материала, наблюдаемое в покровах игнимбритов, свидетельствует о том, что извергнутый материал был в считанные минуты перемещен на многие десятки километров от жерла и потому сохранил высокую температуру и способность спекаться. Приуроченность спекшихся пород к выходам газовых струй связано с процессами вторичного разогрева.

Связь того или иного поля игнимбритов с конкретным центром извержения не всегда удается установить, но, в тех случаях, когда это удается, центрами извержений оказываются гигантские вулканотектонические депрессии взрывного или провального происхождения, такие как кальдера Узон, кальдера Курильского озера и др.

Замечательный образец игнимбрита из вулканического поля Армянского нагорья представлен в экспозиции Музея (Рис.18).





<b>СПЕКШИЕСЯ ПИРОКЛАСТИТЫ ИГНИМБРИТЫ И АГГЛЮТИНАТЫ</b>			
<p><b>Агглютинат</b> спекшийся вулканический туф псефитовый литокластический</p> <p style="text-align: center;">Лава шлаковая, красно-бурого цвета ВФ 83</p>	<p>Гора Уч-Талаляр, Гегамский хребет, Армения</p>	<p>Сборы Е.Е.Милановского, 1950г. Севанский отряд Музейной экспедиции НИИ геологии МГУ</p>	
<p><b>Игнимбриит</b> спекшийся «пламенный» туф</p> <p style="text-align: center;">Игнимбриит, основная масса розовато-коричневая ВФ 129</p>	<p>Покров игнимбриитов у подножья вулкана Арагац, Армения</p>	<p>Сборы Кавказской эксп. НИИ геологии МГУ</p>	
<p><b>Игниспумит (туфолава)</b></p> <p style="text-align: center;">Игнимбриит, основная масса розовая ВФ 130</p>	<p>У зап. подножья вулкана Арагац близ пос.Артик, Армения</p>	<p>Сборы Кавказской эксп. НИИ геологии МГУ</p>	
<p><b>Агглютинат</b> спекшийся вулканический шлак</p> <p style="text-align: center;">Агглютинат, спекшийся вулканический шлак базальтового состава СФ 1616</p>	<p>Южный склон вулкана Этна, о.Сицилия, Италия</p>	<p>Дар Антоненко Л.А., 2005 г. Аэропорт Внуково</p>	

Рис. 17 Образцы из коллекции «Спекшиеся и сцементированные вулканокластиты». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_ss.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_ss.pdf)


<p><b>Игниспумит (туфолава)</b></p> <p style="text-align: center;">Игнимбриит ВФ 476</p>	<p>У западного подножья вулкана Арагац (Алагёз). Карьер Артик-туф близ пос. Артик</p>	<p>Дар комбината Артик-туф, 1957 г.</p>	
--	---	---	--

Рис.18. Образец в зале из коллекции «Спекшиеся и сцементированные вулканокластиты». Иллюстрированный каталог и описание: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_ss.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_ss.pdf)

## Продукты извержений подводных вулканов

Продукты извержений подводных вулканов имеют ряд особенностей, отличающих их от наземных, при этом продукты извержений глубоководных вулканов (при глубине вершины 2 км и более, ниже уровня моря) резко отличаются от продуктов извержений как наземных, так и мелководных вулканов.

Глубоководные вулканыты, представленные в нижней части стенда изображены в подсвеченной диораме, (См.рис. 2 (4), Рис.19). Для увеличения зрительного эффекта экспонат «Глубоководные извержения» углублён на дальний план стенда и закрыт стеклом, что в соединении с электрической подсветкой создает у зрителя иллюзию восприятия морского дна.



Рис.19 Диорама Глубоководные извержения в нижней части стенда «Продукты извержений вулканов: лавы и вулканокласты».

Глубоководные вулканыты имеют следующие особенности. Во-первых, они представлены только лавами потоков и экструзивных куполов. Аутигенный вулканогенно-обломочный материал (гиалокластиты) составляет доли процента от общего объема вулканытов. Строго говоря, гиалокластиты не являются глубоководным аналогом вулканических пеплов, т. к. образуются не в результате дробления взрывами, а вследствие десквамации (шелушения) внешней быстро отвердевшей стекловатой корки лав и последующего размывания и переотложения этого материала придонными течениями.

Причина этого в том, что при давлениях выше 218-225 атм. – критического давления для  $H_2O$ , вода ни при какой температуре не может превратиться в пар, не могут возникнуть две фазы: жидкость и пар, различающиеся своей плотностью. Поэтому на глубинах более 2 км ни теоретически, ни практически невозможны эксплозивные извержения.

Во-вторых, по химическому составу лавы глубоководных извержений – это базальты, обычно толеитовые или нормального ряда, реже субщелочные. Причины однообразия химического состава глубоководных вулканытов – узкий диапазон условий генерации магматических расплавов и достаточно быстрый подъем их к поверхности, не позволяющий пройти существенной дифференциации. Районами глубоководного вулканизма являются

осевые части срединно-океанических хребтов, зоны растяжения (спрединга) в окраинных морях (из которых учеными нашей страны были изучены зоны Вудларк в Соломоновом море, Лау в море Фиджи, Манус в восточной части моря Бисмарка).

В зависимости от вязкости, лавы, изливающиеся в глубоководных условиях, формируют лопастевидные, подушечные (шаровые) и глыбовые лавовые потоки, реже - лавовые купола. Наблюдения с помощью глубоководных обитаемых аппаратов (ГООА), проведенные в местах проявления подводного вулканизма в различных регионах, показали, что лавовые потоки с разного типа поверхностью близки по составу и соседствуют друг с другом. Это указывает на то, что разная вязкость лав, по-видимому, обусловлена только различиями в их температуре.

От лав наземных излияний и особенно от продуктов мелководных извержений глубоководные лавы отличаются практически полным отсутствием газовых пузырей, отсутствием шлаковидных пород. В то же время, в потоках наименее вязких лав - лопастевидных, подушечных, подобно волнистым лавам наземных извержений, нередко наблюдаются крупные полости, обусловленные вытеканием части еще жидкой лавы из центра уже отвердевших с поверхности лавовых подушек, баллонообразных, хоботообразных тел. Вытеканием лавы и обрушением кровли объясняется также образование «лавовых прудов» и колодцев, обнаруженных с помощью глубоководных аппаратов. Поднимающиеся со дна этих «прудов» лавовые колонны – пиллары, по-видимому, представляют собой останцы зон дегазации и остывания в крупных заполненных лавой полостях внутри лавового потока, отвердевшие до неожиданного понижения их уровня.

Продукты извержений мелководных вулканов по химическому составу (и, следовательно, по вязкости) почти столь же разнообразны, как и наземные вулканы. Разнообразие состава продуктов извержения обусловлено тем, что мелководные вулканы имеются во всех геодинамических обстановках, кроме чисто наземных: континентальных рифтов, активных окраин континентов андийского типа и зон столкновения континентов, находящихся на поздней, зрелой стадии их развития.

По характеру извержения мелководные вулканы занимают промежуточное положение между глубоководными и наземными. На начальном этапе становления мелководного вулкана, пока его вершина находится глубоко от поверхности океана, его активность носит спокойный характер, сходный с характером извержений глубоководных вулканов – изливаются лавовые потоки или формируются лавовые купола. При приближении вершины подводной горы к поверхности океана извержение приобретает взрывной, эксплозивный характер, все более интенсивный по мере уменьшения гидростатического давления (глубины в океане).

Катастрофический характер эксплозивной активности и исключительное обилие пирокластов являются характерными чертами извержений мелководных вулканов. Это обусловлено тем, что в дроблении лавового материала участвуют не только газы, отделяющиеся от расплава, но и превращающаяся в пар морская вода.

Формируется подводный, а затем и надводный конус, сложенный пористой пирокластикой. Если извержение такого вулкана не завершается излиянием лавовых потоков, бронирующих рыхлые отложения, то вскоре после прекращения активности вулканический остров размывается морскими волнами и его вершина исчезает под поверхностью моря.

Экспонат стенда демонстрирует рождение нового острова Суртсей (1963-1965 гг.) (См.рис. 2 (5), Рис. 20).





Рис. 20. Мелководные извержения. Рождение нового острова Суртсей (1963-1965 гг.) – блок в нижней части стенда «Продукты извержений вулканов: лавы и вулканокласты».

Наиболее характерным продуктом извержений мелководных вулканов является пемза – легкие, плавающие в воде обломки вспененной лавы, обычно кислого (дацитового, риолитового) состава. Течениями и ветром плоты плавающей пемзы переносятся на многие километры. При этом обычно возникает распределение обломков по размеру и количеству обратное тому, которое характерно для наземного вулканизма. Во-первых, мелкие обломки намокают и тонут прежде, чем крупные, и оседают на дно ближе к вулкану, а более крупные уплывают дальше. И, во-вторых, по пути транспортировки плотов плавающей пемзы оседает на дно лишь небольшая часть ее обломков. И нередко на пляжи пустынных коралловых островков, расположенных за сотни – тысячи километров от извергавшегося вулкана, море выбрасывает огромные массы пемзы, покрывающие берега толстым слоем (Рис.21).

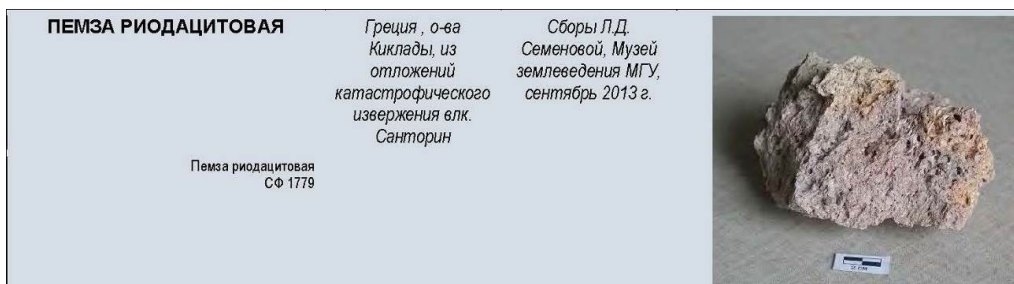


Рис.21. Пемза из коллекции «Пемзы и обсидианы». Иллюстрированный каталог и описание коллекции: [http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4\\_po.pdf](http://www.mes.msu.ru/images/pdf/exp/z4_po.pdf).

## Литература

*Апродов В.А.* Вулканы. – М.: Мысль, 1982. -367 с.

*Влодавец В.И.* Справочник по вулканологии. М.: Наука, 1984. – 339 с.

Вулканы и тектоника литосферных плит (под ред. проф. Ушакова С.А.) / Е.П. Дубинин, К.А. Скрипко, Е.Л. Кирсанова и др. — Изд-во МГУ Москва, 1996. — 273 с.

*Гуценко И.И.* Извержения вулканов мира (каталог). - М.: Наука, 1979. 475 с.

*Мархинин Е.К.* Вулканы и жизнь: (Проблемы биовулканологии). – М.: Мысль, 1980. – 196 с.

*Раст Х.* Вулканы и вулканизм: Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 344 с.

Геологическая библиотека GeoKniga [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geokniga.org/>

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kscnet.ru/ivs/>



Научно-популярное издание  
(Электронно-сетевое издание)

**Дубинин Евгений Павлович, Скрипко Константин Андреевич**

**ПРОДУКТЫ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ.  
ЛАВЫ И ВУЛКАНОКЛАСТЫ**

**Учебное пособие**

Подписано к использованию 17.05.22.  
Эл. экранов 28. Объем 4639 Кб.  
Заказ № А11.0522.001

Издательство «ОнтоПринт»  
105187, Москва, Окружной проезд, д.16  
Тел.: (495) 665-28-54  
сайт: <https://ontoprint.ru>



Адрес:

Москва, Ленинские горы дом 1,  
Главное здание МГУ, этажи 24-31

E-mail: [info@mes.msu.ru](mailto:info@mes.msu.ru)

<http://www.mes.msu.ru/>