

РОЛЬ ВУЛКАНИЗМА В ФОРМИРОВАНИИ ВЕЩЕСТВА ЗЕМНОЙ КОРЫ

1. Роль вулканических продуктов в формировании литосферы.

Согласно общепринятому мнению источники магмы находятся в мантии. Именно из мантии вулканами ежегодно поставляется на поверхность Земли значительная масса ювенильного материала, поступающего в круговорот геологических процессов.

Масса вещества, выброшенного вулканами, только при 8 наиболее сильных и хорошо изученных извержениях на островных дугах и родственных им структурах с 1800 по 1963 г. равна -5×10^{11} тонн. Всего же за этот период вулканами было извергнуто несравненно большее количество вещества, так как названная цифра совершенно не учитывает подводные извержения (а площадь океанов составляет 70,8% поверхности планеты) и несколько сотен относительно не сильных наземных. Из этого следует, что в среднем ежегодно вулканами извергается много больше, чем 3×10^9 тонн вещества.

Даже если исходить из предположения о том, что в прошлые геологические эпохи интенсивность вулканизма в среднем равнялась современной (а есть основания думать, что в прошлом она была больше), то и тогда мы должны признать что за геологическую историю ($4,5 \times 10^9$ лет) вулканами на поверхность Земли из мантии должно было быть выброшено много больше, чем 14×10^{18} тонн вещества. Отсюда естественен вывод, что вся земная кора (24×10^{18} тонн) могла быть за геологическую историю создана вулканической деятельностью.

Основную роль в «наращивании» вещества земной коры играют взрывные извержения вулканов островных дуг. Согласно подсчетам ряда исследователей коэффициент эксплозивности вулканов островных дуг обычно превышает 90. Так, для исторических извержений вулканов Камчатско-Курильской дуги он равен 94.

Значительную часть извергаемой пирокластики составляет очень тонкий материал. Так, например, произведенный нами (совместно с П. И. Токаревым, В. Б. Пугачем и Ю. М. Дубиком) тщательный подсчет количества продуктов, извергнутых вулканом Безымянным весной 1961 г. показал, что масса агломерато-грязевого потока длиной 30 км составила всего 450 000 тонн, тогда как масса пепла, выпавшего на площади 7 000 км², составила 1 750 000 тонн. При этом в самом агломерато-грязевом потоке 60—70 % приходилось на песок и пыль с частицами менее 1 мм в поперечнике.

Изучение геологических разрезов в областях бывших в недавнем прошлом областями геосинклинального осадконакопления выявляет в них огромную роль вулканического и вулканогенно-осадочного материала. Хорошим примером могут служить изученные разрезы меловых и неогеновых формаций Курильских островов, в которых вулканический материал по приближенной оценке составляет 80—90%. Учитывая, что часть тонкого материала была рассеяна на больших площадях в море, можно предполагать, что коэффициент эксплозивности вулканов Курильских островов в меловое и третичное время был близок к современному. При этом следует иметь в виду, что снос, переотложение и изменение пирокластического материала осуществляется в тысячи раз быстрее, чем плотного лавового.

Вулканический материал в разрезах древних толщ иногда только с большим трудом может быть распознан. Так Дикинсон установил, что на западе Северной Америки, в мобильном поясе Фрейзер некоторые юрские граниты представляют собой глубоко видоизмененные андезитовые породы. Все же изучение геологических разрезов Канадских Кордильер (Брок и Дин) выявило огромную роль в них вулканогенных формаций, начиная уже с докембрийского времени.

Сделанное предположение о том, что за геологическую историю все вещество земной коры могло быть создано вулканической деятельностью подтверждается, во-первых, ростом платформ за счет геосинклиналей, во-вторых, близостью среднего состава земной коры со средним составом основной массы извергаемых вулканами продуктов. Оно находится в соответствии с современными представлениями об условности разделения земной коры на базальтовый и гранитный слои, о том, что материковая кора сложена глубоко метаморфизованными породами.

2. Опыт оценки количества газовых компонентов, участвующих в вулканических взрывах, и роли вулканизма в формировании гидросферы и атмосферы.

Горансон, в тридцатых годах, а в последние годы Хитаров опытным путем установили, что в силикатных расплавах, подобных магматическим, может быть растворено не более 10 весовых процентов воды. Ими, таким образом, был установлен верхний возможный предел содержания воды в магме.

В 1957 г. нами было показано, что образование ювенильного вулканического пепла в принципе невозможно, если магма содержит менее 0,1% летучих.

Позднее нами был предложен прямой метод определения количества газовых компонентов магмы, участвующих в вулканических взрывах и предложена формула, устанавливающая зависимость между энергией вулканического взрыва (E в эргах), массой образовавшегося ювенильного пирокластического материала (M в граммах) и количеством выделившихся при взрыве ювенильных газов (X в весовых процентах):

$$E = 4 \times 10^7 \times M \times X(2X^{0.75} - 1).$$

Предложенный метод был применен для ряда конкретных случаев и ниже приводятся полученные оценки.

Вулкан	Дата извержения	Автор описания извержения	Количество газа, участвовавшего во взрыве в % от веса магмы.
Асама	1783	Т. Минаками	3,99
Сакурасима	1914	Т. Матузова	1,26
Кусатсу-Ширанезян	1932	Н. Тсуйя	1,60
Безымянный	1956	Г. С. Горшков	2,50
Безымянный	1961	Е. К. Мархинин	3,80
		и др.	(среднее)
Ключевской	1961	Е. К. Мархинин	0,7
		Среднее значение	2,3

Так как среднее количество пирокластического материала, поставляемого вулканами на поверхность Земли, составляет 3×10^9 т. в год, то количество летучих (главным образом ювенильной воды), высвобождающихся при взрывах в среднем 7×10^7 т. в год. А за геологическую историю за счет вулканических извержений из глубин Земли на ее поверхность должно было поступить более 3×10^{17} тонн воды.

Масса свободной воды в гидросфере равна приблизительно 14×10^{17} тонн. Учитывая, что цифры 3×10^{17} тонн это только минимум, нетрудно прийти к выводу, что в общем процессе дегазации мантии Земли механизм вулканических извержений играл весьма важную роль.

Расчеты показывают, что солевой состав Мирового океана в течение геологической истории мог формироваться главным образом за счет растворения и выноса в море солей, адсорбированных в процессе извержения и осаждения пирокластическим материалом.

Состав атмосферы постепенно формировался за счет углекислого газа, аммиака и азота, поставляемых вулканами.

Отношение газов, воды и твердых продуктов в вулканических извержениях близко к 1:3:100. Отношение веса атмосферы к весу гидросферы и к весу литосферы приблизительно 1:300:5000. Эти отношения сильно отличаются по двум основным причинам. Во-первых, расчеты показывают, что в то время как вся масса литосферы и атмосферы могла быть создана за геологическую историю вулканической деятельностью, за ее счет могло образоваться лишь менее половины гидросферы. Во-вторых, только ничтожная часть газов, поставляемых извержениями, пошла на формирование атмосферы. Большая часть их превратилась в твердые вещества (углерод, сера) или была растворена в воде (хлористый водород, сернистые газы).

