

## **ЯВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ПРЕДБИОЛОГИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЕПЛОВО-ГАЗОВЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ТУЧАХ**

**Введение.** В статье "Предбиологические соединения в пепле вулкана" (Мархинин, 1974) автор упоминает своих идейных предшественников — Гераклита Эфесского, который утверждал, что начало всего существующего — огонь, и немецкого физиолога Пфлюгера, который, хорошо аргументируя, доказывал, что жизнь произошла от огня.

Десять лет назад, говоря о роли вулканизма в формировании внешних оболочек Земли, автор показал, что образование внешних оболочек Земли есть результат вулканических процессов и что, следовательно, сфера деятельности живых организмов — биосфера создана вулканами в течение геологической истории Земли. "Вся геохимическая эволюция осадочной, водной и воздушной оболочек, также как возникновение и развитие жизни, есть преобразование с течением времени в основном вулканического материала" (Мархинин, 1967, стр. 239). Особенно сложную эволюцию претерпели за время геологической истории летучие компоненты вулканических продуктов, прошедшие путь "через различного рода углеродистые соединения до органической основы жизни и от вулканических паров через морскую воду до крови, циркулирующей в сосудах высокоорганизованных живых существ" (Мархинин, 1967, стр. 238—239). Вывод о том, что возникновение жизни на Земле связано с деятельностью вулканов (так как именно вулканы выносят на поверхность Земли соединения, из которых образовалось живое вещество), является прямым следствием теории вулканического образования внешних оболочек Земли, развиваемой автором.

Роль вулканов в возникновении жизни на Земле заключается не только в том, что они выносили и выносят на поверхность Земли простые газообразные соединения углерода, азота, водорода и кислорода. При вулканических извержениях создаются условия для образования предбиологических соединений, предбиологических систем, например аминокислот, входящих в состав белковых тел. Эти условия возникают, с точки зрения автора, прежде всего в пеплово-газовых вулканических тучах непосредственно в процессе извержения. Американский биохимик С. Миллер (Miller, 1953) опубликовал результаты экспериментов, ставших теперь

классическими. Он воздействовал на смеси метана, аммиака, водорода и воды, заключенные в стеклянном приборе, электрическими разрядами, и получил ряд аминокислот.

Весьма интересные опыты провели К. Харада и С. Фокс по термическому синтезу аминокислот. Используя специальный прибор, они пропускали газовую смесь ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) через кварцевый песок, силикагель, вулканическую лаву и окись алюминия, нагретые до температур 950–1100°C, и получили целый ряд аминокислот (Харада, Фокс, 1966). На основании этого С. Фокс сделал вывод, что высокие температуры вулканических продуктов должны были способствовать образованию предбиологических соединений.

Разными исследователями было проведено много модификаций упомянутых опытов. Так, брались различные смеси простых реагентов в экспериментах с электрическими разрядами:  $\text{CH}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2$ ;  $\text{CH}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CO} + \text{N}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CH}_4 + \text{NH}_3 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CO} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Во всех случаях результаты были положительными (Кеньон, Стейнман, 1972).

С одной стороны, сопоставление данных о составе вулканических газов, о процессах, происходящих в пеплово-газовых тучах, с другой стороны — результатов экспериментов С. Миллера и его последователей, а также К. Харады и С. Фокса приводит к выводу, что условия экспериментов, проведенных этими биохимиками, если их суммировать, в существенных чертах напоминают условия, существующие в пеплово-газовых вулканических тучах. И там, и там одни и те же газовые компоненты (только смеси вулканических газов сложнее), электрические разряды (более мощные в вулканических тучах), начальные температуры, равные 900–1000°C, минеральные катализаторы (более разнообразные в пепловой туче).

Итак, имеются, очевидно, достаточные основания предполагать, что в пеплово-газовых вулканических тучах во время извержения могут образовываться аминокислоты и, конечно (как и в упомянутых выше опытах), многие другие органические соединения.

Извержение вулкана Тятя в июле 1973 г. дало возможность проверить это предположение.

Извержение вулкана Тятя. Характерными чертами извержения были: чисто взрывной характер; многоочаговость — образование кратеров на разных склонах вулкана; преобладание пепла среди ювенильного материала.

Основные результаты извержения свелись к изменению рельефа, с образованием котловин взрыва — мааров на северном склоне объемом не менее  $7 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , к образованию на восточном склоне шлаковых конусов объемом  $3 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , к выносу пеплового материала, покрывавшего по предварительной оценке площадь более  $20\,000 \text{ км}^2$ .

Так же как и при крупном предыдущем извержении на Курилах — вулкана Алайд в 1972 г., — общее количество продуктов извержения составило приблизительно  $2 \cdot 10^8$  тонн ювенильного материала, основная масса которого была представлена тонким вулканическим пеплом. Извержение началось 14 июля в 12 ч. и закончилось 27 июля в 19 ч., оно про-

должалось с почти неизменной интенсивностью 319 ч. Все это время над новым кратером "Отважный" на высоту в несколько километров поднимался столб газов и пепла, питавший распространяющуюся по ветру и постепенно скудеющую газово-пепловую тучу. В первые мгновения извержения взрывы выбросили старый каменный материал и прочистили жерло для ювенильного. Все же остальное время газово-пепловый столб и газово-пепловая туча питались ювенильными компонентами, образовавшимися на глазах наблюдателей в результате взрывов раскаленной лавы (Мархинин и др., 1974).

Было отобрано несколько сотен пепловых проб приблизительно по шахматной сетке со стороны квадрата в 2 км. При этом некоторые пробы пепла были отобраны еще горячими (50—70°С).

Проведенные анализы пепловых проб показали наличие в них сложных органических, предбиологических соединений, в том числе аминокислот. Ниже приведена краткая характеристика физических и химических условий, существовавших в пеплово-газовой туче при извержении вулкана Тятя и важных с точки зрения возможности образования в этой туче сложных органических соединений.

Физические и химические условия в пеплово-газовых вулканических тучах. Важнейшими компонентами этих условий, как уже было упомянуто, являются необходимые для реакций газы, электрические разряды, температуры и температурные градиенты, минеральные катализаторы.

1. Газовые компоненты. Главными составными частями вулканических газов являются Н, С, N. Они безусловно образуют в пеплово-газовых тучах различные соединения между собой и с другими элементами. Проведенное автором изучение более 1000 анализов газов различных вулканов показало наличие в них всегда (почти без исключений) той или иной вариации смеси компонентов, использовавшихся для абиогенного получения аминокислот в экспериментах с электрическими разрядами.

Установлено, что в газовой фазе вулкана Тятя присутствовало большое количество аммиака. По данным Л.П. Вергасовой, вновь образовавшиеся конусы "Отважный" и "Пограничник", сложенные главным образом ювенильным шлаком, были покрыты многочисленными возгонами солей аммония. Представление о газах июльского извержения вулкана Тятя в 1973 г. дают табл. 1 и 2. Обращает на себя внимание, что среди катионов конденсата пара аммоний стоит на первом месте. Среди газовых компонентов Н<sub>2</sub>, СН<sub>4</sub>, СО, СО<sub>2</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub> составляют до 97 объемных процентов. Соотношение пара и газа: от 0,6 до 10 мл конденсата на 1 литр газа. Следовательно, во время извержения вулкана Тятя в пеплово-газовой туче находились все газовые компоненты, необходимые для образования сложных органических соединений, в том числе аминокислот.

2. Электрические разряды. Электрические явления, связанные с вулканическими извержениями, изучены пока крайне слабо. Однако многочисленные молнии, иногда длиной в несколько километров, прорезавшие пеплово-газовые тучи во время извержений, описывались

## Газы вулкана Тятя

Газовые компоненты	Проба 8	Проба 9	Проба 20
H <sub>2</sub>	1,42	0,001	0,016
O <sub>2</sub>	2,58	6,00	20,70
N <sub>2</sub>	18,00	75,80	77,984
CH <sub>4</sub>	0,57	0,13	0,00
CO	0,06	0,07	0,00
CO <sub>2</sub>	77,29	18,00	1,30
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,06	0,00	0,00
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,02	0,00	0,00
H <sub>2</sub> S	0,00	0,00	0,00

Примечание. Проба 8 — маар Радкевич,  $t = 99,5^{\circ}\text{C}$ , соотношение газ - конденсат: 1 л газа — 10 мл конденсата; проба 9 — фумарольное поле на верхнем гребне кратера "Пограничник",  $t = 400^{\circ}\text{C}$ , соотношение газ—конденсат: 1 л газа — 0,6 мл конденсата; пробы 8 и 9 отобраны Р.А. Шуваловым 26. VII 73 г. и 28. VII 73 г. соответственно; проба 20 — фумарольное поле там же,  $t = 500^{\circ}\text{C}$  проба отобрана Л.П. Вергасовой, Г.С. Штейнбергом 1973. VIII. Аналитик Р.В. Гусева.

Таблица 2

## Анализы конденсатов фумарольных газов вулкана Тятя

Компоненты	Проба 8; pH = 5,15			Проба 9; pH = 24,25		
	мг/л	мг.эquiv./л	эquiv. %	мг/л	мг.эquiv./л	эquiv. %
H <sup>+</sup>	0,0	0,00	0,0	0,06	0,06	0,1
K <sup>+</sup>	0	0,00	0,0	5,0	0,13	0,1
Na <sup>+</sup>	0	0,00	0,0	24	1,04	1,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,5	0,08	100,0	1900	105,32	98,8
Ca <sup>2+</sup>	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
Mg <sup>2+</sup>	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
Fe <sup>2+</sup>	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
Fe <sup>3+</sup>	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
Сумма	1,5	0,08	100,0	1929	106,55	100,0
Cl <sup>-</sup>	0	0,00	0,00	3600	101,41	95,3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,6	0,05	50,0	160	3,42	3,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,0	0,05	50,0	93	1,53	1,5
Сумма	5,6	0,10	100,0	3853	106,36	100,0
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,7	—	—	120	—	—
M	7,8	—	—	5902	—	—

Примечание: Пробы отобраны Р.А. Шуваловым, аналитик он же.

часто. Нередко в литературе указываются такие электрические явления, связанные с образованием пеплово-газовых туч, как огни Эльма и шаровые молнии. Все это свидетельствует о том, что электрические явления должны оказывать существенное влияние на процессы, происходящие в пеплово-газовых тучах. Пеплово-газовую тучу, образовавшуюся при извержении вулкана Тятя и достигавшую высоты 8—10 км, можно условно разделить на: 1) область быстрого вертикального ламинарного течения пеплово-газовых струй (приблизительно 0-1 км от жерла); 2) область разрушения ламинарного течения, образования пеплово-газовых клубов; 3) область преимущественно горизонтального движения тучи в направлении преобладающих ветров (Земцов и др., 1976). В первой области молнии были преимущественно вертикальными, во второй — имели различные направления, в третьей — были горизонтальными. Причиной образования молний является возникновение мощных флюктуаций электрических зарядов в газовой пеплово-газовой туче: причинами электризации пепловых частиц — баллоэлектрический эффект (электризация мельчайших частичек жидкой лавы при разрыве ее газами), трение пепловых частиц о стенки канала, взаимное трение и столкновения частиц пепла. По подсчетам А.Н. Земцова и А.А. Троня, при этом возможно образование заряда в  $10^2 - 10^3$  электрон/частица, достаточного для возникновения флюктуаций заряда 20 К, необходимых для пробоя. Пробой, возникающий в зонах II—III, создает приблизительно горизонтальный проводящий канал длиной  $10^3 - 5 \cdot 10^3$  м и шириной 10-30 см. Общее число подобных разрядов в течение извержения (319 часов) составляет по крайней мере миллионы или десятки миллионов.

3. Температуры и температурные градиенты. Температура ювенильного пепла в момент образования близка к  $1000^\circ\text{C}$ . При этом мы исходим из следующего механизма образования пепла. Перед взрывом в магме образуется большое число газовых пузырьков, которые, увеличиваясь, достигают состояния "плотной упаковки шаров". Взрыв в первом приближении представляет собой адиабатическое расширение газа от объема, который он занимает в магме в состоянии "плотной упаковки шаров" до объема, который он займет при атмосферном давлении. При этом, очевидно, температуры газа и пепла быстро падают от температуры магмы ( $\sim 1000^\circ\text{C}$ ) до нескольких десятков градусов. Однако этот температурный режим пепловых туч постоянно нарушается в зонах электрических пробоев. В упомянутых выше проводящих каналах длиной  $10^3 - 5 \cdot 10^3$  м и шириной 10—30 см в течение приблизительно  $10^{-4}$  сек. развивается температура  $10^4 - 3 \cdot 10^4$  °C, которая к концу разряда падает до температуры окружающей среды. При этом весь пепел, попавший в канал разряда, должен испариться. Большинство элементов будет ионизировано. В частности, у интересующих нас элементов — Н, С, О, N - в течение времени разряда  $2 \cdot 10^{-4}$  сек. на один нейтральный атом будет приходиться 200—300 ионизированных (Юман, 1972; Земцов и др., 1976). После прохождения тока по каналу пробоя начинаются процессы рекомбинации.

4. Минеральные катализаторы. Газ в пеплово-газовых тучах составляет подавляющую часть их объема и в то же время лишь пер-

вые проценты от веса ювенильного пепла. Частицы ювенильного пепла очень мелки. Большую часть пепла составляют частицы, распространившиеся далеко от вулкана и покрывшие по приближенным подсчетам площадь более 20000 км<sup>2</sup>. В среднем их поперечник не превышает 0,1 мм. Даже в пробах шлака и пепла (349, 350, 371, 388), взятых в непосредственной близости от вулкана на расстоянии 12-16 км на северо-восток от кратера, мелкие фракции составляют значительный процент (по весу): > 1 мм - 0,58; 1 - 0,5 мм - 0,71; 0,5-0,25 мм - 10,08; < 0,25 мм - 88,63 (данные П.С. Долгановой и Г.С. Шутовой). Если мы для простоты будем считать каждую частицу кубиком и примем среднюю длину его ребра в 0,1 мм, то для объема 0,2 км<sup>3</sup> таких частиц мы получим общую площадь их поверхности, равную 12 · 10<sup>6</sup> км<sup>2</sup>. Очень вероятно, что эта колоссальная поверхность являлась той ареной, на которой в пеплово-газовой туче происходили многочисленные специфические химические реакции. При этом наэлектризованность пепловых частиц могла очень сильно влиять на их сорбционную способность.

По минеральному составу пепел - мельчайшие обрывки лавы - представлен главным образом вулканическим стеклом, плагиоклазом, пироксенами, магнетитом. Его средний химический состав (в вес. %) по 5 пробам, взятым в 1-15 км от кратера (440, 446, 449, 450, 463): SiO<sub>2</sub> - 52,57; TiO<sub>2</sub> - 130; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 14,40; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5,98; FeO - 7,78; MnO - 0,20; MgO - 5,07; CaO - 9,10; Na<sub>2</sub>O - 3,06; K<sub>2</sub>O - 0,60; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,08; S<sub>общ</sub> - 0,06; H<sub>2</sub>O - 0,05; п.л.п - ; Сумма - 100,25; сборы П.С. Долгановой и Г.С. Шутовой, аналитик Л.Г. Воронова.

Значение минеральных компонентов как катализаторов при синтезе сложных органических соединений из простых заслуживает серьезного изучения. Роль СаО и силикатов в этом процессе недавно исследовалась Е. Дегенсом. Е. Дегенс в статье "Образование органического вещества" (Degens, 1974) на основании опытов по искусственному получению сахаров из формальдегида и синтеза аминокислот из параформальдегида и мочевины при температурах 60—90°С пришел к выводу, что СаО и силикаты активно способствуют реакциям. Он пишет: "Я предполагаю, что СаО, образующаяся в ходе вулканических процессов или при метеоритных ударах, может действовать как катализатор синтеза Сахаров, карбоксиловых кислот, спиртов, аминокислот и многих других органически\* компонентов. Система основывается на присутствии достаточных количеств силикатов, служащих буферным и полимеризационным целям" (стр. 10).

"Присутствие силикатов ведет к полимеризации и эпимеризации" (стр.1).

Результаты исследования пепловых проб на органическое вещество.

"Из 30 наиболее представительных образцов пепла была составлена средняя проба, которая экстрагировалась в аппарате Сокслета в течение 100 часов, последовательно хлороформом, ацетоном и спирто-бензольной смесью. В результате экстракции из 719 г средней пробы пепла получено 0,5170 г органического вещества, что составляет 0,072 вес. % (считая на воздушносухое вещество пепла; влажность пепла - 0,42%). От-

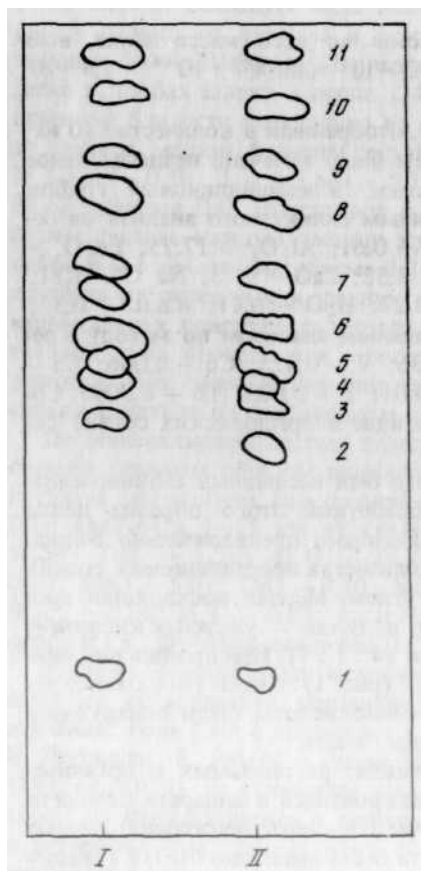
сюда количество органического вещества во всей массе пепла, выброшенного при извержении, составляет  $2 \cdot 10^8$  тонн  $\times 7 \cdot 10^4 \times 1,4 \cdot 10^5$  тонн.

Детально изучался один из образцов, отобранный в количестве 10 кг. При микробиологическом анализе в нем было замечено незначительное количество граммов отрицательных палочек и пенициллиновый грибок (~ 6000 единиц на 1 г пепла). По данным силикатного анализа он содержит (в вес. %):  $\text{SiO}_2$  - 53,84;  $\text{TiO}_2$  - 0,61;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 17,75;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 4,83;  $\text{FeO}$  - 5,54;  $\text{MnO}$  - 0,17;  $\text{MgO}$  - 3,52;  $\text{CaO}$  - 9,13;  $\text{Na}_2\text{O}$  - 3,11;  $\text{K}_2\text{O}$  - 0,81;  $\text{P}_2\text{O}_5$  - 0,13;  $S_{\text{общ}}$  - 0,27;  $\text{H}_2\text{O}$  - 0,11; п.п.п. - 0,52; сумма — 100,34. Эмиссионным спектральным анализом по методу Клера в нем найдены (в вес. %): Ga - 0,036; V - 0,025; Си - 0,006; Со - 0,0008; Zn - 0,009; Sr - 0,07; Ва - 0,01; Y - 0,003; Yb - 0,0003. Содержание азота в пепле (в основном в виде неорганических солей) составляет ~0,45%.

С помощью хроматографии на бумаге был исследован аминокислотный состав вытяжек, полученных обработкой этого образца пепла 80%-ным водным раствором спирта. Вытяжки предварительно очищались (главным образом от большого количества неорганических солей) ионитами, эфиром и активированным углем. Мерная восходящая хроматограмма 3 раза разгонялась в смеси н. бутан — уксусная кислота — вода (4 : 1 : 5) и 2 раза в этой же смеси (4 : 1 : 1). При проявлении нингидрином были найдены 13 аминокислот (рис. 1). Смесь этих аминокислот оказалась оптически неактивной. Аминокислоты были обнаружены и во многих других исследованных образцах пепла.

Для выделения органических соединений, растворимых в органических растворителях, 998 г пепла экстрагировались в аппарате Сокслета хлороформом (50 час), ацетоном (20 час.) и спирто-бензольной смесью (30 час). Из хлороформенного экстракта было выделено 0,1312 г вещества или 0,013%, из ацетонового - 0,1390 г или 0,014% и из спирто-бензольного - 0,1449 г или 0,015%. Всего получено 0,4151 г органического вещества или 0,042 вес. % (считая на воздушносухое вещество пепла). Такая экстракция проводилась со многими партиями пепла этой пробы. Данные элементарного анализа: хлороформенный экстракт — 79,03% С, 10,10% Н, ацетоновый экстракт - 36,93% С, 6,66% Н. На спектрофотометре UR-20 были получены ИК-спектры этих фракций (рис. 2): хлороформенный экстракт (рис. 2-1), -  $-\text{CH}_2-$ ,  $-\text{CH}_3-$ ,  $\text{C}=\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{O}$  и  $\text{COOCH}_3$  группы (1380, 1455, 1600, 1725, 2850, 2940 и  $2970 \text{ см}^{-1}$ ); ацетоновый экстракт (рис. 2-2) —  $\text{C}=\text{C}$  и  $\text{C}=\text{O}$  (в составе кислот непредельного характера) группы (1615 и  $1720 \text{ см}^{-1}$ ); спирто-бензольный экстракт (рис. 2-3) соединения: -  $-\text{CH}_2-$ ,  $-\text{CH}_3$ ,  $\text{C}=\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{O}$  (в кислотах с внутримолекулярной, водородной связью, хинонах, кетонах, сложных эфирах).

Из хлороформенного экстракта была выделена часть вещества, растворяющегося в петролейном эфире. По внешнему виду это светло-желтое вазелиноподобное масло. Эта фракция представляет собой углеводороды насыщенного характера, вероятнее всего парафинового ряда, возможно с примесью нафтен.



Р и с. 1. Бумажная хроматограмма аминокислот пепла вулкана Тятя

*I, II* — водноспиртовые вытяжки одного образца пепла

*1* — цистин; *2* — аргинин; *3* — гистидин; *4* — аспарагиновая кислота; *5* — серии + глицин; *6* — glutаминовая кислота, треонин; *7,8* — не идентифицировано; *9* — аланин; *10* — тирозин; *11* — валин

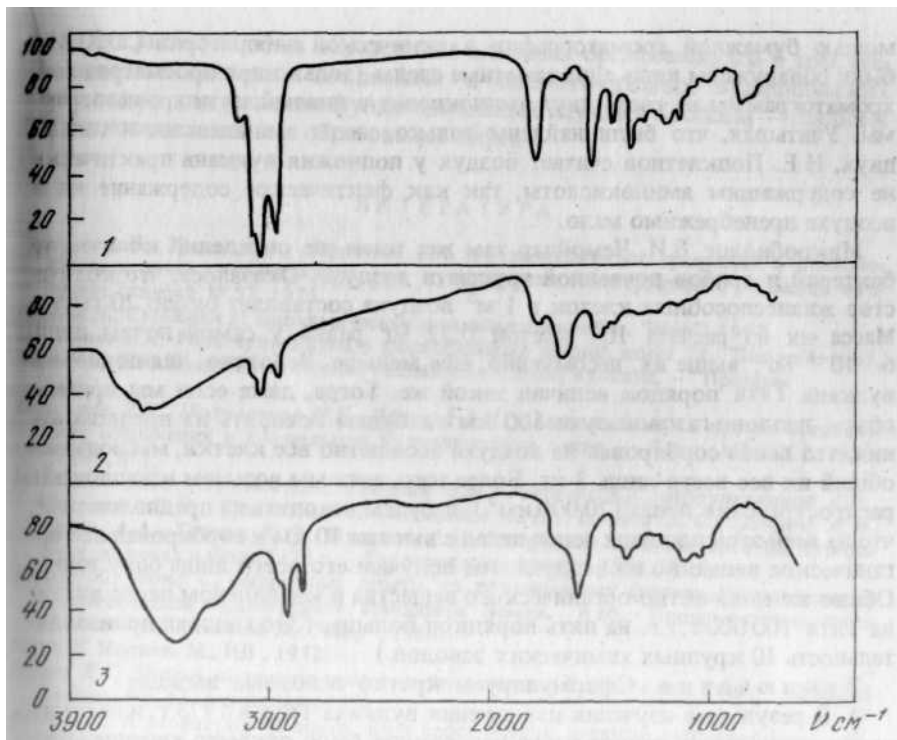
Суммируя полученные аналитические данные, можно сделать следующие выводы. В исследованном вулканическом пепле содержится многокомпонентная смесь (не менее нескольких десятков компонентов) высококипящих (температура кипения  $> 300^{\circ}\text{C}$ ) органических соединений сложной структуры. Они представлены углеводородами насыщенного характера, кислородными производными моно- и полициклических ароматических углеводородов, аминокислотами и некоторыми другими азот- и кислородсодержащими соединениями (в том числе альдегидного характера) (Мархинин и др., 1975).

Естественно, содержание органических компонентов в ювенильных пеплах вулкана Тятя интересно сравнить с содержанием их в ювенильных пеплах других вулканов. В нашем распоряжении было 130 образцов пепла извержения вулкана Алайд, отобранных по той же методике.

Из них была составлена средняя проба, которая экстрагировалась аналогично средней пробе вулкана Тятя. В результате экстракции органическими растворителями из 274 г пепла было получено 0,6621 г органического вещества или 0,242 вес. % (считая на воздушносухое вещество пепла, влажность пепла — 0,18%). Количество органического вещества во всей массе пепла, выброшенного во время извержения вулкана Алайд, составляет, по-видимому, величину того же порядка, что и при извержении вулкана Тятя.

Под руководством Н.Е. Подклетнова были проанализированы на органическую составляющую также отобранные ранее пробы пепла недавних извержений вулканов Шивелуч, Безымянный, Гунунг-Агунг (Индонезия) и проба пепла последнего извержения Ключевского вулкана, отобранная Б.В. Ивановым. Общее количество органических веществ в пеплах по





Р и с. 2. ИК-спектры экстрактов органического вещества пеплов вулкана Тятя

1 - хлороформный экстракт; 2 - ацетоновый экстракт; 3 - спиртобензольный экстракт

данним экстракции в аппарате Сокслета хлороформом, ацетоном и спиртобензольной смесью следующее:

Вулкан Шивелуч, проба № 480	- 0,08%;
Вулкан Шивелуч, проба № 481	- 0,08%;
Вулкан Безымянный, проба № 657	- 0,06%;
Вулкан Гунунг-Агунг	- 0,08%;
Вулкан Ключевской	- 0,14%.

Эти данные свидетельствуют, по-видимому, о том, что результаты, полученные для ювенильных пеплов вулкана Тятя, не являются исключительными и что условия для образования органических соединений в пеплово-газовых вулканических тучах возникают не так уж редко.

Перед отбором пробы пепла на Ключевском вулкане у его подножия было проведено контрольное определение аминокислот и микроорганизмов в воздухе (фоновое содержание). Химиком-органиком Н.Е. Подклетновым в районе кратера Апахончич при слабом устойчивом ветре с вершины Ключевской сопки через поглотительный сосуд с дистиллированной водой было прокачено 100 литров воздуха в течение одного часа. С по-

мощью бумажной хроматографии в химической лаборатории СахКНИИ были обнаружены лишь едва заметные следы (только при просматривании хроматограммы на свет) двух аминокислот в нижней части хроматограммы. Учитывая, что были найдены только следы аминокислот и только двух, Н.Е. Подклетнов считает воздух у подножия вулкана практически не содержащим аминокислоты, так как фактическое содержание их в воздухе пренебрежимо мало.

Микробиолог В.И. Чемойдар там же, тогда же определил количество бактерий и грибов почвенной группы в воздухе. Оказалось, что количество жизнеспособных клеток в  $1 \text{ м}^3$  воздуха составляет около 20 тысяч. Масса их из расчета  $10^9$  клеток 0,32 мг равна у самой почвы лишь  $6 \cdot 10^{-6}$  мг: выше их, несомненно, еще меньше. Вероятно, для подножия вулкана Тятя порядок величин такой же. Тогда, даже если мы примем объем пеплово-газовой тучи  $500 \text{ км}^3$  и будем исходить из предположения, что пепел сорбировал из воздуха абсолютно все клетки, мы получим общий их вес всего лишь 3 кг. Более того, если мы возьмем всю площадь распространения пепла ( $20000 \text{ км}^2$ ) и будем исходить из предположения, что на всей этой площади пепел падал с высоты 10 км и сорбировал все органическое вещество из воздуха, мы получим его всего лишь одну тонну. Общее же количество органического вещества в ювенильном пепле вулкана Тятя 100 000 т, т.е. на пять порядков больше. (Это годовая производительность 10 крупных химических заводов.)

**З а к л ю ч е н и е .** Сформулируем кратко основные выводы.

1. В результате изучения извержения вулкана Тятя в 1973 г. и исследования ювенильных пеплов этого извержения было открыто явление образования сложных органических, в том числе предбиологических соединений в пеплово-газовых вулканических тучах.

2. Общая масса образовавшихся органических соединений при извержении вулкана Тятя составила около 100 000 т. Наличие их в ювенильном вулканическом пепле нельзя объяснить биогенным заражением по следующим причинам:

а) если предположить заражение из грунта, то нельзя объяснить тот факт, что на единицу массы пепла приходится тем больше органического вещества, чем мельче пепловые частицы. Кроме того, для анализа брался ювенильный пепел, образовывавшийся на глазах наблюдателей из огненно-жидкой лавы, и уже в силу этого заражение из грунта исключено;

б) элементарные расчеты показывают, что при всех возможных допущениях количество адсорбированного пеплом из воздуха органического вещества не должно превышать 1 : 100000 фактического его количества, обнаруженного в пепле;

в) открытые в ювенильном пепле аминокислоты оптически не активны, что свидетельствует об их абиогенном образовании.

3. Предварительное изучение пеплов вулканов Алаид (Курильские острова), Ключевская сопка, Безымянный, Шивелуч (Камчатка), Гунунг-Агунг (Индонезия) дает основание думать, что условия для образования органических соединений в пеплово-газовых вулканических тучах возникают нередко.

4. Открытие явления образования сложных органических и в том числе предбиологических соединений в пеплово-газовых вулканических тучах важно для решения фундаментальных научных проблем — проблем возникновения жизни и образования нефти.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Земцов А.Н., Тронь А.А., Мархинин Е.К.* Об электрических разрядах в пеплово-газовых тучах, возникающих при вулканических извержениях. - Бюлл. вулканол. станций, № 52, 1976.
- Кеньон Д., Стейнман Г.* Биохимическое предопределение. М., "Мир", 1972.
- Мархинин Е.К.* Роль вулканизма в формировании земной коры. М., "Наука", 1967.
- Мархинин Е.К.* Предбиологические соединения в пепле вулкана. - "Природа", № 8.
- Мархинин Е.К., Подклетнов Н.Е., Збруева А.М.* Аминокислоты и другие органические соединения в ювенильном вулканическом пепле. - Докл. АН СССР, 1975, т. 199, № 2.
- Мархинин Е.К., Аникиев Н.А., Гранник В.М., Грабков В.К., Абдурахманов А.И., Васильев Б. И., Долганова П.С., Леонов Н.Н., ШUTOVA Г. С., Земцов А. Н., Тронь А.А., Трухин Ю.П., Шувалов Р.А.* Извержение вулкана Тятя на Курильских островах в июле 1973 г. - Геология и геофизика, 1974, № 10.
- Харада К., Фокс С.* Модельные опыты по термическому синтезу аминокислот в гипотетической примитивной атмосфере Земли. В сб.: Происхождение предбиологических систем. М., "Мир", 1966.
- Юман М.* Молния. М., ИЛ, 1972.
- Degens E.T.* Sinteresis of organic matter in the presence of silicate and lime. - Chemical Geology. No. 13. Amsterdam, 1974.
- Miller S.L.* A production of amino acids under possible primitive earth conditions. - Science, 1953, v. 117.