

УДК 551.21

КИРЬЯНОВ В. Ю., ЕГОРОВА И. А., ЛИТАСОВА С. Н.

### ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПЕПЛЫ НА о-ве БЕРИНГА (КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА) ОТ ГОЛОЦЕНОВЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ КАМЧАТКИ

В Северной части о-ва Беринга (Командорские острова) в торфянике голоценового возраста присутствуют 12 горизонтов вулканических пеплов, которые явились объектом нашего изучения. Первое и единственное упоминание о присутствии в разрезах на Командорских островах вулканических пеплов приведено И. В. Мелекесцевым [14].

Основная цель данной работы: 1) изучение вещественного состава вулканических пеплов на Командорских островах, 2) установление возможных центров извержения, 3) определение возраста вулканических пеплов на основании датирования  $^{14}\text{C}$ -методом и палинологических данных; выявление временной корреляции между максимальными вспышками кислого вулканизма и климатическими колебаниями.

Изученный торфяник на о-ве Беринга залегает на аллювиальных отложениях речной террасы р. Большая Ракушечная. Возраст торфяника, согласно радиоуглеродным датам, полученным для основания разреза, принимается равным 10 000 лет. Вулканические пеплы четко фиксируются в разрезе торфяника, залегают без видимых следов переотложения и имеют мощность от 0,5 до 7 см.

Радиоуглеродные даты образцов торфа показаны на рис. 1. В случае, когда приведена одна дата, она получена по сумме щелочных вытяжек гумусовых веществ торфа и отражает средний возраст образца. При достаточном количестве органики отдельно датировались щелочные вытяжки гуминовых кислот из одного и того же образца. В этом случае на разрез вынесены крайние значения возраста.

#### Характеристика вулканических пеплов

Положение пеплов в разрезе торфяника показано на рис. 1. Все пеплы имеют светлую окраску, крупность их не превышает размерности мелкозернистого песка. По содержанию  $\text{SiO}_2$  (см. таблицу) они относятся к андезитобазальтовым, андезитовым, андезитодацитовым, дацитовым и липаритовым.

На Командорских островах самые последние проявления вулканизма завершились в плиоцене — раннем плейстоцене [11] и поэтому местное происхождение голоценовых пеплов на о-ве Беринга исключается. Мало вероятно, чтобы источниками поступления пеплов на о-ве Беринга были Алеутские острова. Расстояние от о-ва Беринга до ближайших действующих в голоцене вулканов Кыска, Сегула, Цербер и Малый Ситкин на Крысыях островах (Алеутские острова) составляет 1000—1200 км. На такие большие расстояния пепел мог переноситься только струйными течениями в верхних слоях тропосферы и нижней стратосфере, однако в этой части Тихого океана на таких высотах преобладает движение воздушных масс с запада на восток (рис. 2), т. е. в направле-

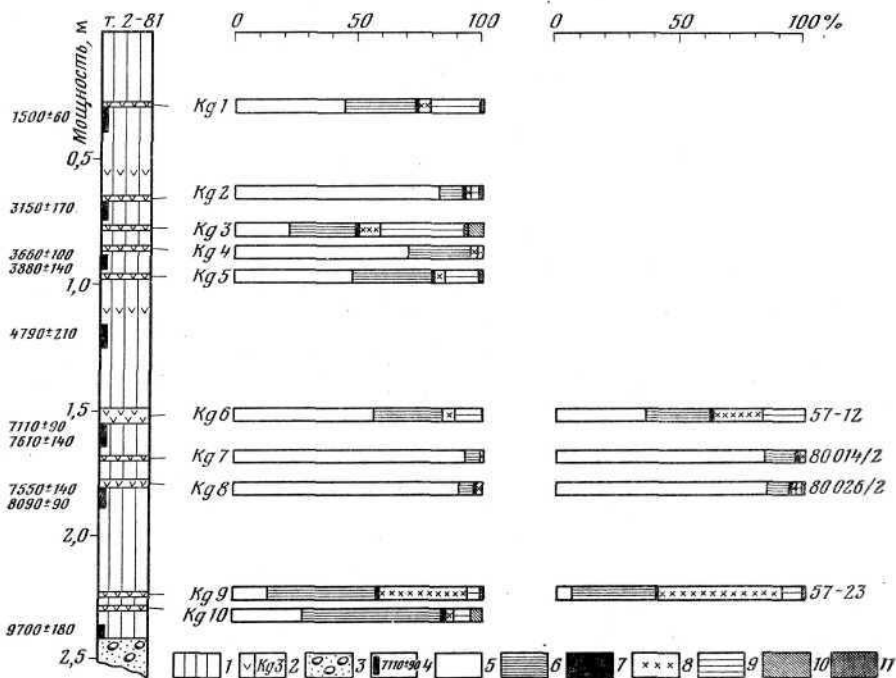


Рис. 1. Положение вулканических пеллов в разрезе торфяника о-ва Беринга, радиоуглеродные даты и количественно-минеральный состав пеллов: 1— торф, 2— пелловые горизонты и их индекс; 3— аллювиальные отложения, 4— радиоуглеродные даты (лет назад); 5—11— вещественный состав пеллов (фракция 0,1—0,063 мм) на о-ве Беринга (т. 2—81), в пос. Камаки (т. 57), пос. Жупанов (т. 80026) и в районе Кроноцкого озера (т. 80014): 5— вулканическое стекло, 6— плагиоклаз, 7— рудные минералы, 8— обломки пород, 9— зеленая роговая обманка, 10— пироксены, 11— буряя роговая обманка

нии от Камчатского полуострова в сторону Командорских островов [2]. Наиболее вероятно предположить, что рассматриваемые пеллы связаны с извержениями вулканов Камчатки — Шивелуча, Безымянного, Карымского и Кизимена, удаленность которых от о-ва Беринга не превышает 300—450 км (рис. 3).

Химические анализы вулканических пеллов на о-ве Беринга и сопоставимых с ними пелловых горизонтов вулканов Камчатки

Окисел	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO <sub>2</sub>	68,98	55,04	64,98	61,27	64,65	73,98	72,06	57,09	54,00	71,70	67,67	72,23
TiO <sub>2</sub>	0,48	0,66	0,61	0,61	0,56	0,28	0,56	0,78	0,69	0,37	0,43	0,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,83	19,35	18,72	17,69	17,94	14,69	15,17	18,52	20,62	14,55	17,17	14,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,54	1,69	0,42	1,63	0,79	0,52	0,62	0,43	2,93	1,80	4,28	1,30
FeO	2,03	3,34	2,16	2,30	2,96	1,14	1,69	3,58	3,31	1,73	1,16	1,67
MnO	0,06	0,21	0,19	0,12	0,13	0,09	0,06	0,12	0,14	0,08	0,08	0,08
MgO	1,82	6,26	2,27	4,05	2,09	0,33	0,61	4,55	4,99	0,81	1,15	0,70
CaO	3,86	8,66	6,10	6,69	6,33	2,67	2,53	8,24	8,37	2,30	2,00	2,12
Na <sub>2</sub> O	4,32	3,87	3,54	4,20	3,49	4,29	4,07	3,66	4,16	3,79	3,21	4,30
K <sub>2</sub> O	2,09	0,91	1,01	1,44	1,06	2,01	2,61	1,03	0,79	2,86	2,46	2,80

Примечание. 1—8— вулканические пеллы на о-ве Беринга; 1— обр. КД-1; 2— обр. КД-2; 3— обр. КД-4; 4— обр. КД-5; 5— обр. КД-6; 6— обр. КД-7; 7— обр. КД-8; 8— обр. КД-9; 9— вулканический пепел в пос. Камаки (обр. 57-11); 10—12— заполнитель пемзовых отложений кальдеры Карымского вулкана, в 12 км к северо-востоку от вулкана Карымский (10— обр. 6-1; 11— обр. 5-3; 12— обр. 5-2). Анализы выполнены в ЦХЛ Института вулканологии ДВНЦ АН СССР, Аналитики. Н. А. Соловьева (2—4, 6, 8, 9), Т. Г. Осетрова (1, 5, 7), Г. П. Новоселцкая (10—12). Химические анализы пересчитаны на безводность.



Рис. 2

Индекс пепла	№ стекла		
	1,490	1,498	1,506
Kg 1		■	
Kg 2		■	
Kg 3			■
Kg 4		■	
Kg 5			■
Kg 6		■	
Kg 7	■		
Kg 8		■	
Kg 9		■	
Kg 10		■	

Рис. 4

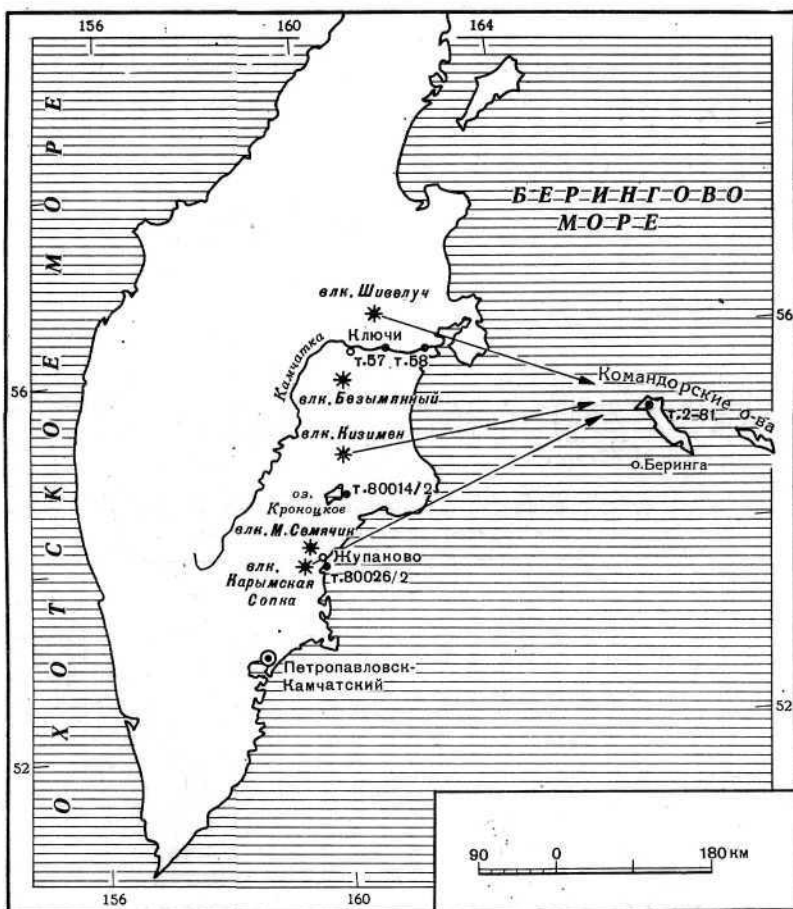


Рис. 3

Рис. 2. Направление воздушных струйных течений в северной части Тихого океана: [2]: 1 — ось внутритропического и субтропического струйного течения. Цифры внутри стрелки показывают высоту оси струйного течения. 2 — линии равной средней скорости ветра (изотахи) на уровне оси струйного течения

Рис. 3. Предполагаемые направления поступления тефры на о-ве Беринга (показаны стрелками) и положение разрезов, содержащих прослой тефры

Рис. 4. Показатели преломления вулканического стекла для пеплов на о-ве Беринга

На Командорских островах отложилась лишь наиболее тонкая часть кислой пирокластики — тефра дальнего разноса, связанная с мощными взрывными извержениями этих вулканов Камчатки в голоцене. Объем тефры этих извержений, по-видимому, превышал  $1 \text{ км}^3$ . При меньших объемах пирокластики пепел не отлагается на Командорских островах в виде заметного слоя. Так, при извержении вулкана Шивелуч в 1974 г., давшем  $0,3 \text{ км}^3$  тефры [8] (ось пеплопада была направлена в сторону Командорских островов), на о-ве Беринга выпало всего  $2,5 \text{ мм}$  пепла [8], и к настоящему времени какие-либо следы его в почвенно-пирокластических чехлах и торфяниках о-ва Беринга отсутствуют.

**Пепловый горизонт КД-1**<sup>1</sup> имеет мощность  $2 \text{ см}$  и представлен серовато-палевым алевропелитом с примесью мелкозернистого песка. Следует отметить, что во всех пеплах о-ва Беринга фракции крупнее  $0,25 \text{ мм}$  в действительности представлены аккреционным пеплом [12, 18], т. е. агрегатами эллипсоидной формы, состоящими из слипшихся между собой пепловых частиц размерами  $0,125\text{--}0,063$  (30%) и  $<0,063 \text{ мм}$  (70%). Присутствие в этих аккреционных пеплах большого количества органических остатков, играющих в данном случае роль своеобразной арматуры, позволяет предполагать, что агрегаты образовались в основном уже после выпадения из воздуха на покрытую растительностью и переувлажненную земную поверхность.

По содержанию  $\text{SiO}_2$  (см. таблицу), а также по показателю преломления вулканического стекла ( $N = 1,496\text{--}1,498$ ) (рис. 4) пепел КД-1 является липаритоацитовым. Частицы вулканического стекла бесцветные, с неровными краями и большим количеством газовых пор. Отличительной особенностью пепла является большое содержание в нем зеленой роговой обманки (20%) и присутствие бурой роговой обманки (рис. 1)<sup>2</sup>. Радиоуглеродная датировка, полученная для подстилающего этот пепел слоя торфа, позволяют считать, что извержение произошло около 1500 лет назад<sup>3</sup>.

**Пепловый горизонт КД-2** мощностью  $0,5 \text{ см}$  представлен светло-серым мелкозернистым песком. По содержанию  $\text{SiO}_2$  (см. таблицу) пепел андезитобазальтовый, его характерная особенность — большое количество вулканического стекла (84%). Стекло представлено частицами двух разновидностей: преобладают светло-коричневые, пластично изогнутые, непрозрачные, трещиноватые, без газовых пор фрагменты стекла, реже встречаются бесцветные частицы с единичными порами, почти без трещин. Содержание зеленой роговой обманки не превышает 4%, бурая роговая обманка отсутствует. Радиоуглеродная датировка для подстилающего этот пепел торфяника позволяет определить возраст извержения приблизительно в 3000 лет назад.

**Пепловый горизонт КД-3** мощностью  $0,5 \text{ см}$  представлен светло-серым мелкозернистым песком.  $N$  стекла ( $1,506\text{--}1,510$ ) позволяет отнести его к андезитоацитам (см. рис. 4). Отличительной особенностью пепла (см. рис. 1) является присутствие в нем очень большого количества зеленой роговой обманки (34%) и пироксенов (6%), а также наличие бурой роговой обманки (1%). В пепле содержится также довольно значительное количество обломков пород (фрагменты вулканической постройки) — 9%. Учитывая радиоуглеродные датировки и скорость накопления торфа, мы предполагаем, что это извержение произошло около 3300 лет назад.

<sup>1</sup> Всем изученным пеплам на Командорских островах нами присвоен индекс КД.

<sup>2</sup> Здесь и далее рассматривается вещественный состав фракции  $0,063\text{--}0,125 \text{ мм}$ , которая наиболее показательна во всех изученных пеплах. Количественно-минеральный состав пеплов определялся под микроскопом в иммерсионных жидкостях.

<sup>3</sup> Здесь и далее дается радиоуглеродный возраст без поправки на изменение содержания радиоуглерода в атмосфере.

Пепловый горизонт КД-4 имеет мощность 0,5 см и представлен палевым мелкозернистым песком с примесью алевропелита. По показателю преломления стекла ( $N=1,500-1,504$ ) и содержанию  $\text{SiO}_2$  (см. таблицу) пепел является дацитовым. Вулканическое стекло очень чистое, бесцветное с единичными порами и многочисленными трещинами. В стекле присутствует большое количество микролитов плагиоклаза. Особенностью пепла является большое содержание вулканического стекла и плагиоклазов (в сумме 95%), отсутствие рудных минералов и бурой роговой обманки. Возраст пепла с учетом радиоуглеродных датировок из подстилающего горизонта торфяника принимается нами равным примерно 3500 лет. Следует отметить, что в слое пепла КД-4 присутствует очень большое количество аккреционных пепловых частиц (>40 вес.%), средний размер которых 1—2 мм.

Пепловый горизонт КД-5 имеет мощность 1 см и представлен палевым алевропелитом с примесью мелкозернистого песка. По содержанию  $\text{SiO}_2$  пепел андезитодацитовый. Вулканическое стекло в пепле представлено частицами двух типов: бесцветное с коричневатым оттенком и коричневатобурое с многочисленными микролитами плагиоклаза и рудной пыли. Возраст с учетом радиоуглеродных дат и скорости накопления торфа принимается равным 4000 лет.

В 13 см ниже слоя пепла КД-5 в торфе присутствует очень тонкий (мощностью 0,2 см) прослой светло-серого мелкозернистого песка, отобрать который в количестве, достаточном для изучения, нам не удалось. Возраст этого пепла примерно 4500 лет (см. рис. 1).

Все вышеперечисленные пеплы обнаруживают большое сходство по химическому, количественно-минеральному составу и внешнему облику частиц вулканического стекла с пеплом вулкана Шивелуч [12]. Детальное изучение почвенно-пирокластических чехлов в районах вулканов Кизмен, Безымянный, Карымский показало, что в них отсутствуют достаточно мощные пеплы этого временного интервала в северо-восточных секторах подножий этих вулканов, т. е. по направлению интересующих нас осей пеплопадов [3, 5, 6]. В то же время в 75 км к юго-востоку от Шивелуча в голоценовом торфянике на левом берегу р. Камчатка (Черный Яр) залегает 11 горизонтов шивелучских пеплов. Образец торфа, взятый ниже этих пеплов, показал радиоуглеродный возраст в 4100 лет. По-видимому, часть этих горизонтов отложилась и на о-ве Беринга. В настоящее время скоррелировать отдельные горизонты пеплов в торфянике Черного Яра и на о-ве Беринга на основании изучения только их вещественного состава затруднительно, поскольку все изученные пеплы характеризуются одинаковым набором минералов и не имеют каких-либо резко выраженных индивидуальных особенностей. К тому же гравитационная эоловая дифференциация пеплов по мере удаления от вулкана значительно изменяет их количественно-минеральный состав. Позднее, с применением более точных методов исследования, такая работа по корреляции пеплов будет нами выполнена.

Пепловый горизонт КД-6 является самым мощным из всех пеплов в торфянике о-а Беринга. Его мощность 7 см, он представлен палево-сизым мелкозернистым песком с примесью алевропелита. По содержанию  $\text{SiO}_2$  (см. таблицу) и  $N$  стекла (1,498—1,504) пепел дацитовый. Особенность пепла — большое содержание в нем зеленой роговой обманки (11%) при отсутствии бурой роговой обманки и рудных минералов. Вулканическое стекло серое, полупрозрачное, с большим количеством микролитов плагиоклаза, реже — коричневатое с трещиноватостью. По вещественному составу, показателю преломления вулканического стекла и внешнему облику его частиц этот пепловый горизонт коррелируется с тефрой подножия вулкана Шивелуч в разрезе пос. Камаки на р. Камчатке в 42 км к юго-востоку от Шивелуча. Там этот горизонт представ-

лен 16-см пачкой желтых сыпучих грубозернистых песков и пемзовым гравием размером до 1 см (обр. 57—12).

Разница в содержании зеленой роговой обманки в этих двух горизонтах (см. рис. 1) объясняется действием гравитационной эоловой дифференциации, вследствие чего по мере удаления от центра извержения содержание темноцветных минералов (в том числе и роговой обманки) уменьшается, а содержание вулканического стекла увеличивается [12, 17]. Этот пепел связан с извержением Шивелуча, которое произошло около 7000 лет назад. Несомненно, это было одно из самых мощных и продолжительных извержений Шивелуча в голоцене, силу которого можно представить, сравнив убывание мощностей пепла Ш<sub>3</sub> (извержение вулкана Шивелуч 1500 лет назад) вдоль оси пеплопада к югу от вулкана с убыванием мощностей пепла КД-6 к востоку от Шивелуча. На расстоянии 50 км от вулкана (в г. Ключи) мощность пепла Ш<sub>3</sub> достигает 7 см, а на удалении 250 км — уменьшается до 0,3 см [12]. Объем пепла Ш<sub>3</sub> составляет 1,8 км<sup>3</sup>. Мощность пепла КД-6 в 42 км к юго-востоку от вулкана Шивелуч (южнее предполагаемой оси пеплопада) составляет 16 см, на о-ве Беринга, в 325 км от вулкана, — 7 см. Даже если предположить, что скорость ветра во время перемещения пепла КД-6 была значительно больше, чем при разносе пепла Ш<sub>3</sub>, то и в этом случае объем пепла КД-6 будет в несколько раз больше, чем пепла Ш<sub>3</sub>, и следы его должны отмечаться на ближайших к Командорам островах Алеутской дуги.

Не исключено, что источником пепла КД-6 может быть подводный вулкан, расположенный в непосредственной близости от Командорских островов [15]. На это указывает довольно большая мощность пеплового горизонта на о-ве Беринга.

**Пепловый горизонт КД-7** представлен палевым мелкозернистым песком с примесью алевропелита, мощность слоя 0,5 см. По содержанию SiO<sub>2</sub> (см. таблицу) и *N* стекла (1,490—1,495) пепел липаритовый. Особенность пепла — резкое преобладание вулканического стекла (91%); роговая обманка, пироксены и рудные минералы в нем отсутствуют (рис. 1). Стекло представлено пластично изогнутыми бесцветными, водяно-прозрачными частицами с большим количеством газовых пор, изредка встречаются коричневые непрозрачные осколки с неявно выраженной трещиноватостью.

Мы предполагаем, что этот пепел КД-7 связан с извержением вулкана Кизимен. Прослой тефры этого извержения Кизимена был описан в [6], где ему присвоен индекс Кз. Он тяготеет к нижней части голоценового почвенно-пирокластического чехла и фиксируется в разрезах на широте р. Бол. Иульт в Шапинском грабене, в бассейне р. Сторож. Ось пеплопада направлена на северо-восток в сторону Командорских островов. Объем пепла оценен величиной порядка 2 км<sup>3</sup>. Радиоуглеродное датирование показало, что пепел отложился в интервале 7000—7500 лет назад [6]. Аналогичный возраст установлен и для пеплового слоя КД-7 на Командорских островах.

Тефра Кизимена (обр. 80014/2) и тефра слоя КД-7 на о-ве Беринга сходны и по вещественному составу (см. рис. 1). Поскольку этот пепел почти целиком состоит из вулканического стекла, то гравитационная эоловая дифференциация в данном случае проявляется только в уменьшении крупности частиц пепла по мере удаления от вулкана и не влияет на изменение количественно-минерального состава пеплов [12]. Минеральный состав пепла Кизимена (обр. 80014/2), отобранного в 45 км от вулкана, характеризуется резким преобладанием вулканического стекла, которое по показателю преломления близко к стеклу пепла КД-7 на о-ве Беринга. В пепле также отсутствуют пироксены и роговая обманка. Таким образом, особенности количественно-минерального состава и сходный возраст позволяют нам считать горизонт пепла КД-7 на о-ве Беринга тефрой вулкана Кизимен.

**Горизонт пепла КД-8** мощностью 3 см представлен палево-желтым алевропелитом с примесью мелкозернистого песка. По показателю преломления вулканического стекла ( $N=1,501-1,505$ ) и содержанию  $\text{SiO}_2$  пепел относится к липаритам. Особенность минерального состава пепла — большое содержание вулканического стекла (91%), представленного бесцветными, оскольчатыми частицами с неясно выраженной трещиноватостью и единичными газовыми порами. В стекле множество микролитов и вкрапленников плагиоклаза. Этот пепел, по-видимому, связан с мощными кальдерообразующими извержениями в районе Карымского вулкана [3, 6].

Радиоуглеродный возраст для пироклаستيку кальдерообразующих извержений вулкана Карымский, которой присвоен индекс КРМ [6], принимается около 7700 лет. Эта дата попадает в интервал между радиоуглеродными датировками  $7550 \pm 140$  и  $8090 \pm 90$  лет, полученными по последовательным щелочным вытяжкам из подстилающего пепел образца торфа, отобранного в разрезе на о-ве Беринга. Основная масса пироклаستيку выпала в секторе восточнее кальдеры Карымского вулкана. В пос. Жупаново мощность тефры составляет 70—80 см. Отобранная здесь тефра (обр. 80026/2) обнаруживает большое сходство по количественно-минеральному составу с тефрой слоя КД-8 на о-ве Беринга (см. рис. 1). По химическому составу тефра слоя КРМ в районе Карымского вулкана совпадает с рассматриваемым слоем пепла в торфянике о-ва Беринга (см. таблицу). Все эти данные позволяют нам считать их пеплами одного извержения.

**Пепловый горизонт КД-9** мощностью 1 см представлен серовато-сизым мелкозернистым песком. Особенность вещественного состава пепла (см. рис. 1) — небольшое содержание вулканического стекла (13%) при преобладании обломков пород (36%). По содержанию  $\text{SiO}_2$  (см. таблицу) пепел относится к андезитам, хотя показатель преломления стекла ( $N=1,497-1,499$ ) соответствует липаритам.

О возрасте пепла можно судить весьма приблизительно по скорости прироста торфяника в это время. Несомненно, что этот пепел моложе 9700 лет — радиоуглеродной датировки, полученной для основания торфяника, и древнее 8000 лет (рис. 1). По-видимому, возраст его лежит в пределах 9000—9200 лет.

По вещественному составу пепел КД-9 обнаруживает большое сходство с пепловым горизонтом, залегающим в основании торфяника у пос. Камаки на р. Камчатке (обр. 57-23, рис. 1) в 42 км к юго-востоку от вулкана Шивелуч. В пос. Камаки пепел также представлен мелкозернистым сизовато-серым вулканическим песком мощностью 1 см и имеет показатель преломления вулканического стекла и внешний облик частиц стекла точно такой же, как и у пепла КД-9 на о-ве Беринга. Стекло представлено бесцветными, оскольчатыми частицами с большой примесью рудной пыли и многочисленными газовыми порами. Сходство этих двух горизонтов между собой позволяет нам считать, что пепел КД-9 принадлежит вулкану Шивелуч.

**Горизонт пепла КД-10** представлен светло-серым мелкозернистым песком мощностью 0,3 см. По  $N$  стекла (1,497—1,499) пепел липаритовый. Особенность пепла — очень большое содержание в нем плагиоклазов и значительное содержание зеленой роговой обманки (7%) и пироксенов (4%). Бурая роговая обманка отсутствует. Вулканическое стекло представлено светло-серыми, реже бесцветными частицами неправильной формы с многочисленными микролитами плагиоклаза и рудной пыли.

Возраст пепла, рассчитанный по скорости прироста торфа, предполагается равным 9200—9500 лет и, по-видимому, этот пепел связан с извержением вулкана Кизимен. На вулкане Кизимен около 9000—10 000 лет назад произошли сильные экспозивные извержения, оси пеплопадов

которых были направлены на северо-восток, в сторону Командорских островов (устное сообщение И. В. Мелекесцева). Не исключена также возможность отнесения пеплового горизонта КД-10 к вулкану Шивелуч, хотя у подножия этого вулкана (т. 57, Камаки) в основании голоценового торфяника нами не обнаружено пеплов, имеющих близкий существенный состав и сходный облик с пеплом КД-Ю на о-ве Беринга.

Таким образом, мы предполагаем, что из 10 изученных нами пеплов на о-ве Беринга семь относится к извержениям вулкана Шивелуч (извержения произошли 1400—1500, 3000, 3300, 3500, 4000, 7000, 9000—9200 лет назад), два пепла относятся к извержению Кизимена (в интервале 7200—7500 и 9200—9500 лет назад), и один пепел связан с кальдерообразующими извержениями вулкана Карымский (7700 лет назад). На Командорские острова поступала лишь наиболее тонкая часть кислой тефры дальнего разноса, связанной с крупнейшими извержениями вулканов Восточной вулканической зоны Камчатки, оси пеплопадов которых были направлены в восточном и северо-восточном направлениях.

### Вулканизм и климатические колебания

Палинологический анализ торфяника и  $^{14}\text{C}$ -даты позволили привязать горизонты, содержащие вулканические пеплы, к определенным климатическим периодам голоцена (рис. 5). В качестве хронологического эталона использована схема периодизации голоцена Блитта-Сернандера с уточнениями Н. А. Хотинского для Северной Евразии [16].

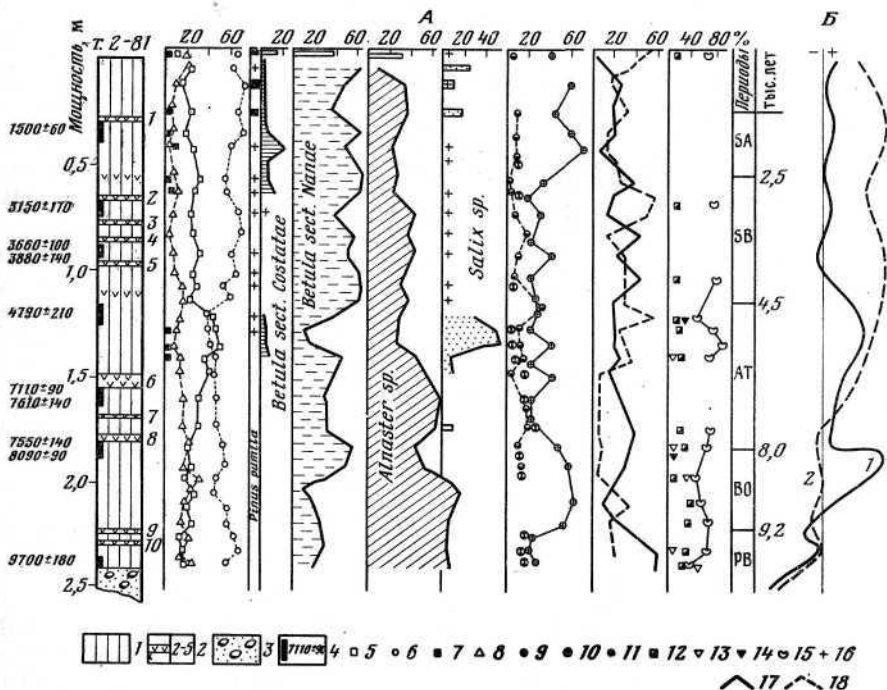


Рис. 5. А — спорово-пыльцевая диаграмма торфяника на о-ве Беринга: 1 — торф, 2 — пепловые горизонты и их индекс, 3 — аллювиальные отложения, 4 — радиоуглеродные даты, 5—8 — сумма пыльцы (5 — кустарников, 6 — травянистых, 7 — спор, 8 — деревьев); 9—11 — пыльца (9 — разнотравья, 10 — сложноцветных, 11 — злаков); 12—15 — поры (12 — плаунов, 13 — зеленых мхов, 14 — сфагновых мхов, 15 — папоротников); 16 — встречаемость пыльцы не превышает 3%, 17 — пыльца осоковых, 18 — пыльца вересковых. Б — климатические колебания в голоцене (по Н. А. Хотинскому): 1 — температура, 2 — увлажненность. Процентные соотношения на спорово-пыльцевых диаграммах даны по группам от суммы пыльцы древесно-кустарниковых растений, травянистых и спор



Анализ палеоботанических данных позволил Н. А. Хотинскому разделить послеледниковье на два крупных отрезка: период нарастания температур (первая половина послеледниковья) и период их спада, начавшийся 4500—5000 лет назад. Температурная кривая послеледниковья имеет сложную и неодинаковую в разных районах конфигурацию. Выделяются три основных термических максимума голоцена: бореальный (8300—8900 лет назад), атлантический (5000—6000 лет назад) и суббореальный (3400—4200 лет назад). Бореальный максимум яснее проявился в Сибири и на Дальнем Востоке, а атлантический и суббореальный — на Русской равнине.

Детальные палинологические исследования, проведенные на Камчатке, показали, что в этом регионе климатические изменения имели свои особенности [9, 10]. На рис. 6 приведена пыльцевая диаграмма разреза почвенно-пирокластического чехла юго-западного подножия вулкана Острый Толбачик (северо-западная окраина Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов) с маркирующими горизонтами пеплов вулкана Шивелуч, датированными  $^{14}\text{C}$ -методом [4]. Эта диаграмма хорошо иллюстрирует голоценовую историю растительности. Нашими исследованиями установлено, что спорово-пыльцевые диаграммы разрезов почвенно-пирокластического чехла подножий вулканов отражают региональный тип растительности и фиксируют историю растительности, связанную как с проявлениями вулканизма, так и с климатическими колебаниями. На Камчатке потепление бореального периода (ВО), видимо, не было оптимальным (рис. 6). Пыльцевые спектры свидетельствуют о массовом распространении в это время кустарниковых формаций из

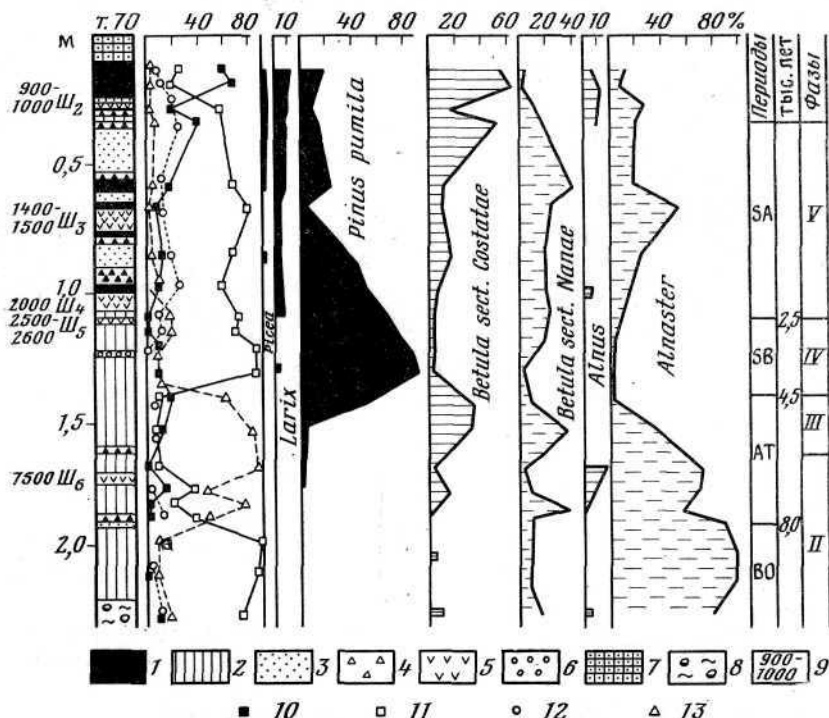


Рис. 6. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза почвенно-пирокластического чехла Толбачинского дола (ручей Водопадный). 1 — погребенные почвы, 2 — супесь, 3 — вулканический песок, 4 — вулканический гравий, 5 — белые и палевые тонкие пеплы вулкана Шивелуч (Ш<sub>1</sub> — Ш<sub>6</sub>), 6 — пемзовый гравий, 7 — тefра извержения конусов Толбачинской региональной зоны 1975—1976 гг., 8 — морена II фазы верхнеплейстоценового оледенения, 9 — радиоуглеродный возраст маркирующих пеплов вулкана Шивелуч, 10—12 — пыльца (10 — деревьев, 11 — кустарников; 12 — траянистых растений); 13 — споры. II—V — фазы развития растительности

ольхового стланика (*Alnaster*). Лесные массивы появились лишь в атлантический (АТ) период (первый максимум пыльцы *Betula sect. Costatae*) и достигли максимального распространения в термический максимум 5000—6000 лет назад. Суббореальный (SB) термический максимум на пыльцевой диаграмме совсем не выражен. Начавшееся 4500 лет назад ухудшение климата охватило весь суббореальный период и часть субатлантического (SA). В это время несколько сократилась площадь лесных массивов и увеличилась роль кустарниковых формаций с участием кедрового стланика (*Pinus pumila*). Субатлантический период характеризуется улучшением климатических условий. Вновь расширили площади березовые леса (второй максимум пыльцы *Betula sect. Costatae*), появился остров хвойных лесов из ели (*Picea*) и лиственницы (*Larix*) в Центральной Камчатской депрессии.

О таком же направлении климатических изменений свидетельствует и спорово-пыльцевая диаграмма торфяника о-ва Беринга (см. рис. 5). Спорово-пыльцевые спектры отражают тундровый характер растительности (травянистая и каменистая тундра), существовавший за все время формирования торфяника. В периоды улучшения климатических условий возрастала роль разнотравья и кустарниковых группировок в основном из ивы. Наиболее четко выражен климатический оптимум атлантического периода. Интересным моментом является присутствие в спектрах (как в современных, так и в ископаемых) пыльцы ольхового и кедрового стлаников. Ни кедровый, ни ольховый стланики в настоящее время на острове не произрастают [1] и, вероятно, не произрастали в голоцене. Можно считать, что пыльца названных растений занесена с Камчатки, тем более, что в пыльцевых спектрах она появляется и дает максимумы в периоды наибольшего их распространения на Камчатке. Пыльца березы древесной (*Betula sect. Costatae*), видимо, также является заносной и хорошо подчеркивает периоды улучшения климата в атлантическое и субатлантическое время. На о-ве Беринга отмечают угнетенную форму каменной березы [1], но значительного процента в пыльцевых спектрах она дать не могла.

Пыльцевая диаграмма и радиоуглеродные даты, полученные по торфянику, позволили довольно точно определить периоды голоцена и нанести на диаграмму температурную кривую, характерную для океанических районов (Сахалин, Камчатка) Северной Евразии [15].

Интересно отметить, что все горизонты вулканических пеплов, отложившихся в торфянике, приурочены к эпохам похолодания (см. рис. 5). Горизонты пеплов КД-9, КД-10 отложились в похолодание на рубеже предбореального (РВ) и бореального (ВО) периодов; КД-8, КД-7, КД-6 — на рубеже бореального и атлантического (АТ); КД-5, КД-4, КД-3, КД-2 — в суббореальное (SB) похолодание и горизонт КД-1 — во время ухудшения климата в конце субатлантического периода.

Изучение вулканических пеплов, содержащихся в почвенно-пирокластическом чехле Камчатки, Курильских и Алеутских островов, показало, что и в других районах большая часть пепловых прослоев, свидетельствующих о крупных эксплозивных извержениях, приурочена к этим же интервалам. Так, маркирующие горизонты пеплов мощных извержений вулканов Шивелуч, Кизимен, Карымский, Безымянный, имеющие региональное распространение в восточной вулканической зоне, отмечены в интервалах 8000—7000 и 4500—1000 лет назад [6]. Около 8000 лет назад кроме Карымской кальдеры [3, 6], при образовании которой было выброшено до 10 км<sup>3</sup> пирокластики, на юге Камчатки образовалась кальдера Курильского озера с выбросом около 25 км<sup>3</sup> пирокластического материала [13]. Здесь же на юге в интервале 3000—1500 лет назад отмечены пеплы крупных извержений вулканов Ходутки, Ксудача, Опапы [7]. На Курильских островах в начале голоцена были кальдерообразующие извержения с выбросом большого объема пирокластики:

9400 лет назад на о-ве Итуруп образовалась кальдера Львиная Пасть. (20 км<sup>3</sup> пирокластики) и 7500 лет назад на о-ве Онекотан — кальдера Тао-Русыр (около 15 км<sup>3</sup>) [14]. В западной части Алеутских островов (о-в Умнак) в почвенно-пирокластических чехлах присутствуют пеплы вулкана Амнок, которые указывают на извержение вулкана 3000—3500; 7000—7500 и 8000—8100 лет назад [13].

Представленный материал свидетельствует о приуроченности активизации кислого вулканизма Курило-Камчатского региона в голоцене к определенным интервалам (9400—9200, 8000—700 и 4500—1000 лет назад), соответствующим неустойчивым, переломным периодам в развитии природы как, например, начало голоцена, когда наращивание температур при переходе от позднеледникового времени к послеледниковому не было равномерным, потепления чередовались с похолоданиями. В это время отмечено две вспышки кислого вулканизма (9400—9200 и 8000—7000 лет назад) с перерывом в бореальный термический максимум.

В период относительно устойчивых природных условий климатического оптимума, длившегося около 2500—3000 лет (от 7500—7000 до 5000—4500 лет назад), крупные эксплозивные извержения были редки. 4500—5000 лет назад начался новый период, когда после климатического оптимума произошел спад температур, продолжающийся с колебаниями до настоящего времени. С этого момента вновь активизировался эксплозивный вулканизм, но меньшего масштаба.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ареалы деревьев и кустарников СССР. Т. 1. Л.: Наука, 1977. 242 с.
2. Атлас океанов (Тихий океан). М., 1974. 322 с.
3. *Брайцева О. А., Егорова И. А., Сулержицкий Л. Д.* Вулкан Карымский.— В кн.: Вулканический центр: строение, динамика, вещество. Т. 1. М.: Наука, 1980, с. 243.
4. *Брайцева О. А., Мелекесцев И. В., Пономарева В. В., Литасова С. Н., Сулержицкий Л. Д.* Тейхронологические и геохронологические исследования Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов.— Вулканология и сейсмология, 1981, № 3.
5. *Брайцева О. А., Кирьянов В. Ю.* О прошлой активности вулкана Безымянный по данным тейхронологических исследований.— Вулканология и сейсмология, 1982, № 6, с. 44—56.
6. *Брайцева О. А., Кирьянов В. Ю., Сулержицкий Л. Д.* Маркирующие прослои голоценовой тейфы Восточной вулканической зоны Камчатки.— Вулканология и сейсмология, 1985, № 5, с. 80—96.
7. *Брайцева О. А., Мелекесцев И. В., Кирьянов В. Ю.* Маркирующие прослои тейфы как индикаторы крупнейших эксплозивных извержений вулканов Камчатки в голоцене.— В сб.: Вулканизм и связанные с ним процессы. Тезисы докл. VI Всесоюз. вулканол. совещания. Петропавловск-Камчатский, 1985, вып. 1, с. 12.
8. *Горшков Г. С., Дубик Б. М.* Направленный взрыв на вулкане Шивелуч.— В сб.: Вулканы и извержения. М.: Наука, 1969, с. 3—37.
9. *Егорова И. А.* Палинологическая характеристика вулканогенно-осадочных отложений в применении к стратиграфии.— В кн.: Вулканический центр: строение, динамика, вещество. М.: Наука, 1980, с. 52—74.
10. *Егорова И. А.* История развития растительности Камчатки в голоцене.— В сб.: Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1982, с. 220—223.
11. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Наука, 1974. 437 с.
12. *Кирьянов В. Ю.* Гравитационная эоловая дифференциация пеплов вулкана Шивелуч.— Вулканология и сейсмология, 1983, № 6, с. 30—39.
13. *Лафлин У., Окладников А. П.* Происхождение алеутов.— Природа, 1976, № 1.
14. *Мелекесцев И. В.* Вулканизм и рельефообразование. М.: Наука, 1980. 212 с.
15. *Селиверстов Н. И., Авдейко Г. П., Иваненко А. Н., Шкира В. А.* О новом подводном вулкане в районе Командорских островов и его структурной приуроченности.— В сб.: Вулканическая деятельность, ее механизм, связь с геодинамикой, прогноз извержений и землетрясений. Тезисы докл. VI Всесоюз. вулканол. совещания. Вып. 1. Петропавловск-Камчатский, 1985, с. 55.
16. *Хотинский Н. А.* Голоцен северной Евразии. М.: Наука, 1977, с. 124—154.
17. *Fisher R. V.* Maximum size, median diameter and sorting of tephra.— J. Geophys. Res., 1964, v. 69, № 2, p. 341—355.
18. *Moore J G Peck D. L.* Accretionary lapilli in volcanic rocks of the western continental United States.— J. Geol., 1962, v. 70, p. 182—193.