

С. Н. ЛИТАСОВА

## РАДИОУГЛЕРОДНОЕ ДАТИРОВАНИЕ ПЕПЛОВ КРУПНЕЙШИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ В ГОЛОЦЕНЕ ПО РАЗЛИЧНОМУ ОРГАНИЧЕСКОМУ МАТЕРИАЛУ

Одной из важнейших задач радиоуглеродного датирования на Камчатке является определение возраста маркирующих прослоев пеплов, связанных с крупнейшими эксплозивными извержениями вулканов в голоцене. Пеплы крупнейших извержений могут переноситься на большие расстояния, покрывая обширные площади — сотни тысяч и даже миллионы квадратных километров. Поскольку выпадение пепла на земную поверхность происходит геологически мгновенно, то пеплы эксплозивных извержений вулканов можно считать озохронными образованиями, выделять их в качестве маркирующих горизонтов и использовать для различных стратиграфических целей. Важнейшее значение при этом имеет радиоуглеродное датирование таких горизонтов. Это позволяет определять возраст крупнейших извержений, а также использовать затем сами пепловые горизонты для датирования и корреляции различных типов отложений и форм рельефа, археологических объектов и других целей.

Идентификация и сопоставление пеплов на различном удалении от центра извержения проводятся методом непосредственного прослеживания их от разреза к разрезу. Коррелируют пепловые горизонты по положению в разрезе, мощности слоя, цвету. Правильность проведенной корреляции подтверждается изучением вещественного состава с применением количественно-минерального, granulometric и химического анализов.

Изучение маркирующих горизонтов пеплов оказывается прекрасным способом оценки достоверности радиоуглеродного датирования, так как появляется возможность сопоставлять даты, полученные под или над одним и тем же горизонтом в разрезах, удаленных друг от друга на десятки и сотни километра. В качестве примера  $^{14}\text{C}$ -датирования таких горизонтов рассмотрено определение возраста прослоев тефры, связанных с крупными эксплозивными извержениями в голоцене вулканов Опала и Шивелуч.

### ПЕПЕЛ ВУЛКАНА ОПАЛА ИЗВЕРЖЕНИЯ 1500 л.н.

Стратовулкан Опала расположен в северной части кальдеры позднеплейстоценового возраста, имеющей размер 13×15 км. На подножии юго-восточного склона вулкана находится крупный кратер — Бараний амфитеатр. Размер этой воронки взрыва 1,3×2,0 км, стенки сложены пеплово-пемзовыми отложениями риолитового состава. Тефра, которая связана с образованием Бараньего амфитеатра, покрыла обширные площади Южной и Восточной Камчатки. Пепловый горизонт (индекс ОП) достаточно надежно идентифицируется благодаря положению в верхней части разрезов и присутствию в нем биотита, что отличает его от других горизонтов тефры. Впервые на принадлежность этого маркирующего горизонта вулкану Опала указал И.В. Мелекесцев (Мелекесцев, Кирьянов, 1984). Главная масса изверженной тефры выпала к юго-востоку от вулкана — на побережье Тихого океана в 75 км от вулкана мощность пеплового горизонта составляет 12 см. Кроме того, пепел этого извержения распространился далеко на северо-восток; мощность его превышает 1 м вблизи вулкана Опала, затем уменьшается до 2 см в районе г. Петропавловска-Камчатского (110 км от вулкана) и до 0,5 см в районе Кроноцкого озера (более 300 км от вулкана).

Для  $^{14}\text{C}$ -датирования под горизонтом пепла и над ним отобран различный

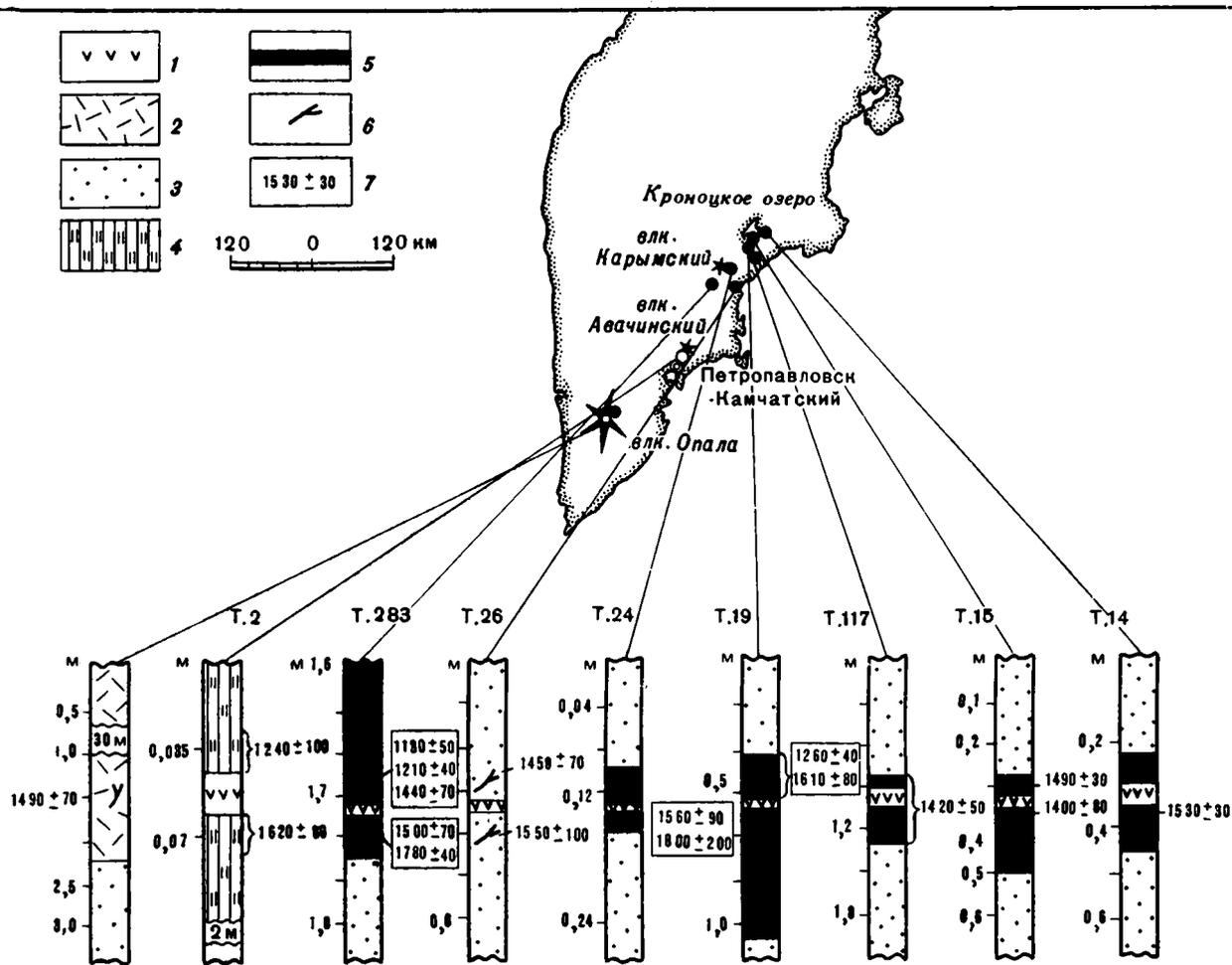
органический материал. На рис. 1 представлено 9 разрезов с радиоуглеродными датировками, полученными по углю, древесине, погребенным почвам и торфу. Непосредственно на вулкане Опала получена дата  $1490 \pm 70$  по древесине из подошвы пирокластических отложений кратера Бараний амфитеатр, которая наиболее надежно указывает на время катастрофического взрыва. Материал, датированный по  $^{14}\text{C}$ , представляется синхронным извержению, так как это была древесная растительность (веточки) возрастом 30—40 лет, захороненная на месте произрастания. Аналогичный возраст  $1450 \pm 70$  и  $1550 \pm 100$  получен по древесным углям, взятым над и под пеплом в разрезе близ пос. Жупаново (т.26) в 250 км от центра извержения. Пепел вулкана Опала залегает здесь в культурном слое первобытной стоянки, который датируется таким образом в 1500 лет (Брайцева и др., 1983).

Основная серия дат получена по погребенным почвам. Из них в трех разрезах (т. 283, 24, 19) датировались отдельные щелочные вытяжки холодного (I) и горячего (II и III) извлечения органических компонентов почвы — гуминовых кислот. Крайние значения дат (самая молодая и самая древняя) предположительно определяют начало и конец формирования почвы, т.е. фиксируют время вулканического события, прервавшего или приостановившего почвообразовательный процесс. На вулкане Карымский (т. 283) в 215 км от вулкана Опала пепел ОП лежит в гумусированной супеси четким полусантиметровым прослоем. По подстилающей почве мощность 2 см получены даты  $1780 \pm 40_{\text{II+III}}$  и  $1500 \pm 80_{\text{I}}$ . Мощность верхнего слоя почвы 12 см; анализировалась ее нижняя часть, лежащая непосредственно на горизонте пепла —  $1440 \pm 100_{\text{II}}$ ,  $1210 \pm 40_{\text{I}}$  и  $1130 \pm 50_{\text{III}}$ . Самая древняя из кроющей почвы и самая молодая из подстилающей почвы даты  $1440 \pm 100$  и  $1500 \pm 80$  надежно определяют время извержения и указывают на то, что выпадение пеплового слоя небольшой мощности практически не прерывает процесс почвообразования. Аналогичные даты  $1800 \pm 200_{\text{I}}$  и  $1560 \pm 90_{\text{III}}$  по подстилающему горизонту почвы получены в т. 24 в 60 км от предыдущей. А примерно в 300 км от места извержения, где пепел превращается в незначительный прослой (2 мм), даты из почвы подстилающей и перекрывающей его по образцам из разрезов, расположенных в 15—20 км друг от друга (т. 14 и 15), дали возраст порядка 1500 лет. Даты по торфу ( $1620 \pm 80$  и  $1240 \pm 100$ ) из разреза в районе г. Петропавловска-Камчатского (т. 2), учитывая быстроту накопления торфа, также не противоречат этому возрасту. Судя по "молодой" датировке над горизонтом пепла (мощность 2 см), его выпадение здесь на время приостановило развитие торфяника. Несколько задревненными представляются даты под слоем ОП мощностью 0,5 см из почвы, отобранной в кальдере Узон на борту озера Центрального (т. 19) —  $1610 \pm 80_{\text{I}}$  и  $1260 \pm 40_{\text{II+III}}$ . Это, возможно, связано с тем, что растительность, участвовавшая в процессе почвообразования, поглощала в процессе фотосинтеза "мертвую", т.е. лишенную изотопа  $^{14}\text{C}$ , углекислоту из газовой выделений внутри самой кальдеры.

Таким образом, рассмотренный материал дает возможность заключить; 1) даты показывают хорошую сходимость в разрезах, удаленных друг от друга на значительные расстояния; 2) даты практически идентичны по различному материалу: углям, почвам и торфу.

#### ПЕПЕЛ ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ ИЗВЕРЖЕНИЯ 2000 л.н.

Вулкан Шивелуч, расположенный в Центральной Камчатской депрессии, начал формироваться в позднем плейстоцене. Современная вулканическая активность связана с молодым Шивелучем, который представляет собой вулканический массив, образованный из множества слившихся между собой экструзивных куполов. Характерной особенностью его деятельности являются мощные катастрофические взрывы, в результате которых происходит выброс пирокластики. Некоторые



пеплы катастрофических извержений в интервале 7500—1000 л.н., распространившиеся к югу от центра извержения на сотни километров, являются прекрасными маркирующими горизонтами (Брайцева и др., 1985). В эталонном разрезе г. Ключи выделено 7 горизонтов шивелучских пеплов (Брайцева и др., 1984). Пепел с индексом III<sub>4</sub> распространился к югу от г. Ключи, где его мощность составляет 9 см, и зафиксирован в 225 км от вулкана Шивелуч в районе озера Кроноцкого, уменьшив свою мощность до 1 см.

Возраст пепла III<sub>4</sub> установлен радиоуглеродным датированием различного органического материала, отобранного в разном удаленных точках под и над слоем пепла. Угли из пирокластического потока, связанного с этим извержением, дали возраст  $2220 \pm 40$  в т. 19, 13 (рис. 2). По углям, взятым на расстоянии более 100 км от вулкана в разрезах пос. Козыревск и Толбачинского дола (т. 49, 1—4, 183), получены даты  $2040 \pm 40$ ,  $2060 \pm 50$  и  $2070 \pm 120$ , указывающие на одновременную гибель древесной растительности, возможно, вследствие выпадения пепла III<sub>4</sub> и возникшего в результате пожара. По древесине, отобранной над слоем пепла, некоторое задревнение ( $2240 \pm 110$ ) связано, по-видимому, с тем, что древесина попала сюда из более раннего слоя. Торф, взятый под горизонтом III<sub>4</sub> в 50 км от места извержения, несколько омоложен ( $1880 \pm 60_{II+III}$  и  $1820 \pm 40_1$ ), очевидно, растительностью торфяника, продолжавшего формироваться после выпадения пепла. По почве хорошую сходимость показывают датировки под горизонтом III<sub>4</sub>, полученные по отдельным щелочным вытяжкам в т. 1—4 (более 100 км от вулкана Шивелуч):  $1960 \pm 20_1$  и  $1820 \pm 160_{II+III}$  и по сумме органики в т. 10а:  $1920 \pm 90$ . Подобная дата по сумме гуминовых кислот ( $2020 \pm 90$ ) получена над горизонтом пепла в т. 96. В разрезах Толбачинского дола в т. 96 и 183 по отдельным органическим вытяжкам получены очень близкие друг другу датировки:  $2530 \pm 70_1$  и  $2440 \pm 50_{II+III}$ — $2590 \pm 80_1$ ,  $2460 \pm 100_{II+III}$ . Первые даты получены по почвенному прослою, лежащему ниже датированного пепла III<sub>4</sub>, и характеризуют скорее возраст пепла более раннего извержения вулкана Шивелуч III<sub>5</sub>; видимо, тот же почвенный горизонт датирован и в т. 183.

Таким образом, достаточно определенно устанавливается возраст пепла III<sub>4</sub> по углям в 2000 лет. По почвам с учетом молодых и древних вытяжек даты ложатся в интервал 1800—2200 лет, более всего — 1900—2000 лет. Соответственно можно принять возраст пепла III<sub>4</sub> в 2000 лет.

Из рассмотренных примеров видно, что основная часть дат по маркирующим горизонтам тefры ОП и III<sub>4</sub> выполнена по наиболее сложному для датирования материалу — погребенным почвам. Когда время формирования маломощных гумусированных горизонтов невелико, при частом захоронении продуктами извержения получаемые по общей сумме органики даты хорошо характеризуют время отложений перекрывающей эту почву пирокластики (т. 1—4, 96 и 10а). Обычно же органическое вещество почвы накапливается сотни лет и, очевидно, состоит из разновозрастных фракций, несколько различающихся по химическому строению. Таким образом, даже под одним и тем же горизонтом тefры может существовать несоответствие между датами, получаемыми по сумме разновозрастного органического вещества почвы, и истинным возрастом датированного вулканического события. Поэтому для более точной характеристики возраста почвы и вулканических образований, погребавших ее, используются, естественно, где это возможно, даты по последовательным щелочным вытяжкам, крайние из которых неопределенно приближаются к началу и концу формирования почвы.

←

Рис. 1. Радиоуглеродные даты для тefры вулкана Опала (1500 л.н.)

1 — пепел вулкана Опала; 2 — отложения пирокластических потоков извержения вулкана Опала; 3 — пеплы других вулканов (без разделения на горизонты); 4 — торф; 5 — погребенные почвы; 6 — угли и древесина; 7 — радиоуглеродные даты, лет назад (в рамках даты, полученные по отдельным щелочным вытяжкам из одного и того же образца почвы)

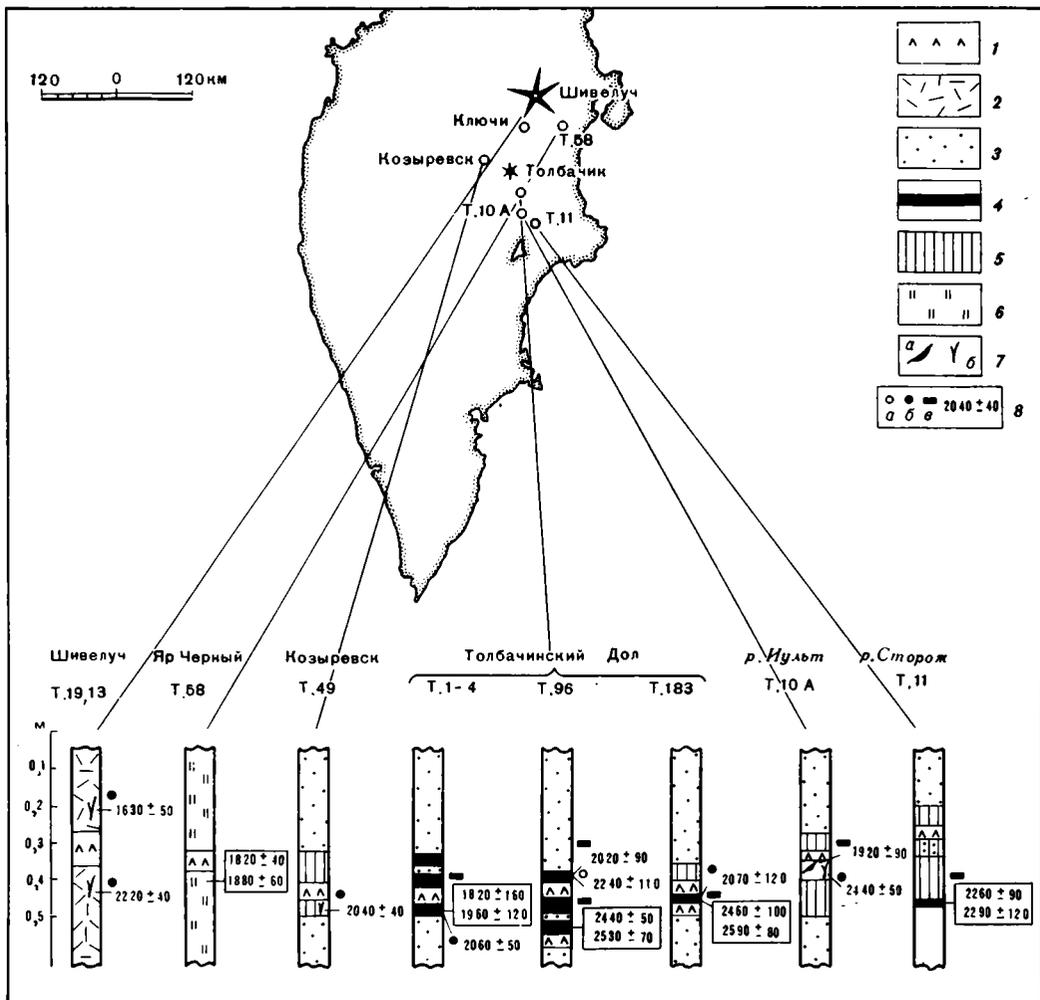


Рис. 2. Радиоуглеродные даты для тefры вулкана Шивелуч (2000 л.н.)

1 — пеплы вулкана Шивелуч; 2 — отложения пирокластических потоков вулкана Шивелуч; 3 — пеплы других вулканов (без разделения на горизонты); 4 — погребенные почвы; 5 — супеси с примесью вулканических пеплов; 6 — торф; 7: а — гумусированные линзы в супесях, б — угли и древесина; 8 — радиоуглеродные даты: а — по древесине, б — по углю, в — по погребенным почвам (в рамках даты, полученные по отдельным щелочным вытяжкам из одного и того же образца почвы)

Существенную неопределенность в датирование вносит и то, что обычно весь почвенно-пирокластический чехол пронцаем для корней во все время его существования, но опыт датирования убеждает, что более поздние по отношению ко времени формирования почвы корни практически не вносят в почву своего углерода. В этом можно убедиться на сопоставлении дат по разрезам Козыревского, Иульт, Сторож, содержащим современные корни, и разрезам Толбачиcкого дола, где чехлы погребены мощными толщами шлака и лишены растительности. Даты, как видим, показывают хорошую сходимость (см. рис. 1). Это свидетельствует о том, что, хотя органическое вещество гумусированных прослоев, погребенных пирокластикой, не является системой, строго закрытой от привноса молодого углерода, это заражение не может проявляться одинаково в разных участках протяженного межпеплового прослоя (погребенной почвы),

имеющего над собой различные по мощности и составу отложения и неодинаковую растительность. Соответственно идентичность дат указывает на практическое отсутствие загрязнения, так как, находясь в разных условиях, исследуемая почва должна загрязняться по-разному.

Таким образом, можно говорить, что погребенные почвы Камчатки наряду с углями и древесиной являются надежным органическим материалом для радиоуглеродного датирования.

Наибольшее опасение при постановке работ вызвала возможность больших отклонений радиоуглеродного возраста от истинного (в сторону удревления) под влиянием вулканической углекислоты, лишенной  $^{14}\text{C}$ . Однако сходимость дат по разному материалу для одних и тех же маркирующих горизонтов в разных районах Камчатки указывает на надежность полученных датировок, хотя существует некоторое удревление образцов: углей из пирокластических отложений на вулкане Шивелуч и материала, взятого вблизи газовых выходов (образец почвы в кальдере Узон, т. 19). Отсутствие же загрязнения основной массы образцов вулканической углекислотой объясняется тем, что материал для  $^{14}\text{C}$ -датирования отбирается в разрезах на хорошо продуваемых ветрами местах, где вулканическая  $\text{CO}_2$  не накапливается.

### ВЫВОДЫ

1. Наличие маркирующих горизонтов пеплов позволяет сравнивать радиоуглеродные даты из одних и тех же слоев, подстилающих и перекрывающих пепел, в разрезах, удаленных друг от друга на значительные расстояния.

2. Анализ полученных дат указывает на их хорошую сходимость. Сопоставление дат по погребенным почвам по простирацию в достаточно удаленных разрезах и согласованность их с датами по углям и древесине характеризуют погребенные почвы Камчатки как надежный материал для радиоуглеродного датирования.

3. Согласованность дат, полученных по различному органическому материалу на разных расстояниях от центра извержения, показывает отсутствие заметного влияния вулканической углекислоты, вызывающей отклонение радиоуглеродного возраста от истинного.

4. Радиоуглеродное датирование позволило надежно определить возраст пеплов рассмотренных извержений — вулкана Опала в 1500 л.н. и вулкана Шивелуч в 2000 л.н.

### А Б С Т Р А К Т

Marker ash layers associated with the large explosive volcanic eruptions at Kamchatka in Holocene provide an opportunity of assessing reliability of  $^{14}\text{C}$  dating in the regions of young volcanism. The possibility of buried soil application as the reliable marker ash layers of the Opala and Shiveluch volcanoes. The influence of volcanic carbon dioxide of the samples is shown to be insignificant. The age of the Opala and Shiveluch eruptions (1500 and 2000 yrs ago) was trustily established.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

- Брайцева О.А., Кирьянов В.Ю., Сулержицкий Л.Д. Маркирующие прослой голоценовой тefры Восточной вулканической зоны Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1985. N 5. С. 80—96.
- Брайцева О.А., Литасова С.Н., Пономаренко А.К. Применение тefрохронологических методов для датирования разреза опорной первобытной стоянки на Восточной Камчатке // Там же. 1983. N 5. С. 18—24.
- Брайцева О.А., Сулержицкий Л.Д., Литасова С.Н., Гребзды Э.И. Радиоуглеродные даты отложений почвенно-пирокластических чехлов Ключевской группы вулканов // Там же. 1984. N 2. С. 110—116.
- Мелекесцев И.В., Кирьянов В.Ю. Когда будет извергаться вулкан Авача на Камчатке? // Там же. 1984. N 6. С. 107—111.