

### ИЗУЧЕНИЕ ПАЛЕОВЕКОВЫХ ВАРИАЦИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА КАМЧАТКЕ ПО ОТЛОЖЕНИЯМ ГОЛОЦЕНОВОЙ ТЕФРЫ

В районах молодого вулканизма на Камчатке широко развиты голоценовые почвенно-пирокластические отложения, основную роль в которых играет тефра — вулканокластический материал, сформировавшийся в процессе эксплозивной вулканической деятельности. В разрезах этих образований обычно наблюдается часто чередующаяся последовательность прослоев неизменной тефры различного гранулометрического состава (пепел, вулканический песок, лапилли, шлак) и в разной степени гумусированных горизонтов супеси и погребенных почв. В этих толщах, достигающих 15—20 м по мощности и хорошо сохранившихся на междуречных пространствах, с большой детальностью зафиксирована история вулканической активности близрасположенных вулканов. Наличие в разрезах гумусированных слоев, а также горизонтов с погребенной древесиной и углями позволяет датировать их радиоуглеродным методом по достаточно частой сети. Наряду с некоторыми другими перечисленными свойствами почвенно-пирокластических чехлов делают их перспективным объектом для изучения палеогеомагнитных вариаций геомагнитного поля [3].

До последнего времени эти геологические образования практически не использовались для палеомагнитных исследований и лишь недавно были получены данные в пользу пригодности мелкозернистой (до 1 мм) тефры для палеомагнитных реконструкций и проведено по ней изучение палеогеомагнитных вариаций в голоцене [1]. Однако полученные результаты не были еще подтверждены на параллельных разрезах, что в связи с новизной исследуемого объекта крайне необходимо, так как все рассмотренные ранее доводы имеют в той или иной степени косвенный характер. Лишь подтверждение того, что зафиксированные в тефре палеогеомагнитные вариации могут прослеживаться по простиранию, будет прямо свидетельствовать о пригодности этих пород для восстановления истории магнитного поля Земли. С этой целью было проведено сравнительное изучение параллельных разрезов почвенно-пирокластического чехла вулкана Малый Семячик и участка Ключевского вулкана.

Изученные разрезы находятся на расстоянии 3—5 км от Малого Семячика и имеют мощность от 5 до 7 м. В разрезах преобладает мелкозернистый материал, пригодный для палеомагнитного опробования. Отбор коллекций ориентированных образцов, измерение их магнитных свойств, магнитная чистка и обработка полученных данных были выполнены независимо палеомагнитными группами Института вулканологии ДВНЦ АН СССР и Института физики Земли АН СССР.

Разрез, изученный первой из этих групп, состоял из двух частей, в которых были опробованы по непрерывной сети, а кое-где и с перекрытием верхняя (разрез 8) и нижняя (разрез 3) его части. Места опробования были выбраны согласно с данными О. А. Брайцевой и др. [2] с таким расчетом, чтобы в каждом из них изучаемые отложения были достаточно полными и представительными. Разрез 5, изученный в Институте физики Земли, охватывал стратиграфический уровень обоих предыдущих разрезов, находился между ними и отстоял от каждого из них примерно на 3 км. Хорошая тефростратиграфическая изученность этих разрезов и их надежная взаимная корреляция по достаточно большому числу маркирующих горизонтов позволили выделить в них строго синхронные интервалы. Хронологическая привязка этих интервалов была обеспечена наличием около 30 радиоуглеродных датировок, выполненных для различных горизонтов почвенно-пирокластического чехла Малого Семячика [2].

Анализ имеющихся хронологических данных показывает большую неравномерность скорости формирования рассматриваемых образований. Наиболее медленно (до 15—20 см за 1000 лет) формируются почвенные горизонты, приходящиеся на периоды ослабления вулканической (эксплозивной) активности. В то же время толщи вулканических шлаков мощностью до нескольких метров могут отложиться в течение одного извержения. Это исключает допустимую для других видов осадочных пород возможность интерполировать, а тем более экстраполировать возраст горизонтов, не имеющих непосредственного хронологического обоснования.

Прежде чем перейти к сопоставлению и анализу полученных по выделенным интервалам данных, отметим еще одно специфичное для формирования разрезов тефры свойство, существенное для понимания полученных результатов. Оно состоит в том, что область выпадения вулканокластического материала, выброшенного в результате отдельного извержения, меняет свое положение от извержения к извержению. В перечень факторов, определяющих эту область, можно внести высоту вулканических выбросов, гранулометрический и минералогический состав выброшенного материала, направление и скорость господствовавших ветров. При этом степень сохранности выпавшей тефры на различных участках этой области различна и зависит от рельефа, наличия растительного покрова и других факторов. В результате в двух даже близких разрезах набор слоев тефры может различаться и, следовательно, можно ожидать выпадения из разрезов отдельных слоев и соответственно перерывов в палеомагнитной записи. Поэтому при сопоставлении палеомагнитных данных по параллельным раз-

резам с целью их корреляции большое значение приобретает задача пополнения палеомагнитной записи с учетом возможного выпадения из разрезов отдельных слоев.

Первичные данные по каждому разрезу представляли собой набор средних направлений естественной остаточной намагниченности (после магнитной чистки) по каждому из опробованных горизонтов (из каждого горизонта отбиралось от четырех до восьми ориентированных образцов). В процессе дальнейшей обработки проводилось осреднение направлений по двум или более соседним горизонтам с расчетом, чтобы каждое из полученных в результате такого осреднения направлений отстояло от соседних не менее чем на соответствующий ему радиус круга доверия (при  $P=0,05$ ).

Рассмотрим теперь результаты сопоставления вариаций вектора остаточной намагниченности, полученные по синхронно сформировавшимся участкам разрезов. Первый такой участок охватывает временной интервал от 300 до примерно 1000 лет назад. На рис. 1, а сплошной линией показаны изменения намагниченности в разрезе 8 и

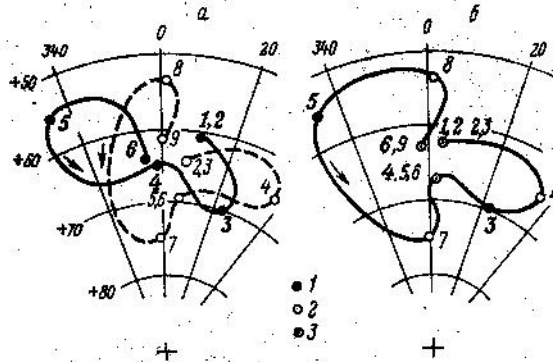


Рис. 1. Палеовариации геомагнитного поля 300—1000 лет назад. а — данные по параллельным разрезам, б — сводная траектория вектора остаточной намагниченности. 1 — разрез (далее для рис. 4—6 разрез 3); 2 — разрез 5; 3 — направления, усредненные по двум разрезам; стрелками отмечены изменения направлений геомагнитного поля от древних к молодым

пунктиром — в разрезе 5. В обоих случаях наблюдается почти замкнутая петля вариаций. Сходные изменения направления вектора в разрезах свидетельствуют в пользу первичности выделенной в породах намагниченности и, следовательно, в пользу реальности изучаемых вариаций геомагнитного поля. Из рис. 1, а следует, что в разрезе 5 по какой-то из перечисленных выше причин оказались не зафиксированными направления, соответствующие горизонту 6 разреза 8, а в разрезе 8 — направления горизонтов 7 и 8 разреза 5. Указанные направления, дополняя друг друга, существенно уточняют траекторию вектора в рассматриваемый интервал времени. Это видно из рис. 1, б, на котором приведена петля палеовариаций, полученная обобщением данных по обоим разрезам. Направления некоторых точек этой траектории осреднены по данным двух разрезов. Это сделано для горизонтов, возраст которых, судя по гефростратиграфическим данным, близок, а направления намагниченности совпадают в пределах погрешности определений (круги доверия в значительной степени перекрываются).

Следующий (сверху вниз) участок разреза охватывает временной интервал примерно от 1000 до 3000 лет назад. Полученные по нему данные представлены на рис. 2, а. В этом случае наряду с очевидным сходством траекторий бросается в глаза различие в их ориентировке. Создается впечатление, что породы одного из разрезов повернуты почти на  $90^\circ$  вокруг оси с азимутом  $355^\circ$  и наклоном около  $65^\circ$ . Однако тектоническая и геоморфологическая обстановка в местах опробования позволяет категорически отвергнуть такое предположение. Отсутствуют и какие-либо соображения о существовании механизма перемагничивания этих пород, приводящего к такому результату. Поэтому остается предположить, что это следствие неполноты палеомагнитной записи в изученных разрезах, несколько искажающей ход вариаций геомагнитного поля. На рис. 2, б показана реконструкция этих вариаций, опирающаяся на данные обоих разрезов. Реальность такой восьмеркоподобной петли палеовариаций 1000—3000 лет назад подтверждается результатами изучения палеовариаций по тefре Ключевского вулкана, расположенного в 240 км к северу от вулкана Малый Семячик. Там для этого интервала времени получена весьма сходная петля палеовариаций, приведенная на рис. 2, в.

Непрерывные, последовательные отложения тefры, относящиеся к интервалу 3000—4000 лет назад в разрезах 3 и 8 отсутствуют (еще один яркий пример реальности выпадения отдельных горизонтов в разрезах тefры). Поэтому направления намагниченности пород этого интервала в разрезе 5 мы можем сравнить лишь с данными по

району Ключевского вулкана. Такое сравнение, приведенное на рис. 3, показывает подобие изменений остаточной намагниченности в обеих достаточно далеко отстоящих точках наблюдений.

Следующий интервал охватывает породы, сформировавшиеся примерно 4100—4600 лет назад. Они изучены в разрезах 5 и 3, а полученные данные приведены на рис. 4, а. Из рисунка видно, что положение трех точек петли вариаций, полученной в разрезе 5, согласуется с начальным участком траектории, полученной в разрезе 8. Возможность выпадения в разрезе 5 верхних горизонтов пород этого интервала подтверждается анализом литологии обоих разрезов: в разрезе 5 отсутствуют либо имеют очень небольшую мощность почвенные горизонты, четко выраженные в разрезе 8. Кроме того, в разрезе 8, вообще имеющем несколько большую мощность, палеомагнитное опробование в этом стратиграфическом интервале проводилось с перекрытием

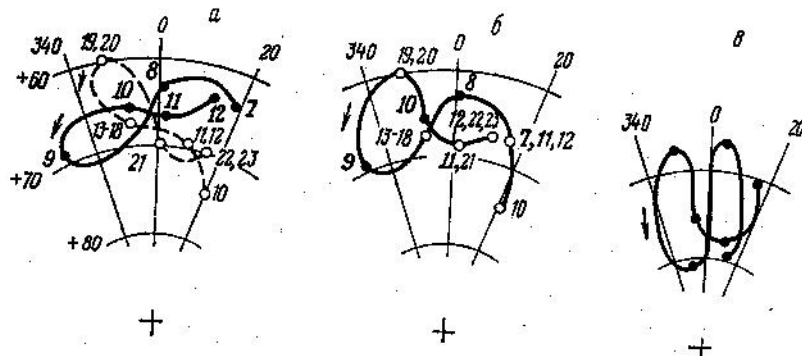


Рис. 2. Палеовариации геомагнитного поля 1000—3000 лет назад. а, б — обозначения те же, что и на рис. 1; в — данные по разрезу Ключевского вулкана

образцов, тогда как в разрезе 5 оно велось по обычной методике послойного опробования. Таким образом, в обобщенной по двум разрезам траектории вектора намагниченности, приведенной на рис. 4, б, подтвержденным оказался лишь начальный участок; показанная прерывистой линией часть траектории требует проверки.

При реконструкции обобщенной траектории в направлении намагниченности пород разреза 8 введена поправка за наклон в  $4^\circ$ , необходимость которой вытекает из смещения двух траекторий на рис. 4, а. Предполагается, что это смещение вызвано изменением наклона слоев тефры в разрезе 8 вследствие оползня или процессов отседания, так как этот разрез опробован в крутых обрывах ручья. В то же время в разрезе 5, опробованном в шурфе на сравнительно ровном участке, возможность каких-либо вторичных наклонов слоев тефры практически исключена. Этот увеличивающийся вниз по разрезу вторичный наклон слоев, вызванный геоморфологическими процессами, четко прослеживается во всех нижележащих горизонтах разреза 8. Его выявление и количественная оценка оказались возможными лишь в результате сопоставления данных по параллельным разрезам.

Возрастной интервал 4600—5000 лет назад изучен в тех же двух разрезах — 5 и 8. Полученный результат показан на рис. 5, а. Сходство траекторий вектора в обоих разрезах достаточно очевидно. Рассмотренное выше смещение точек траектории разреза 8 здесь составляет почти  $5^\circ$ . Полученная после введения этой поправки обобщенная траектория показана на рис. 5, б. При этом положение горизонтов 50 и 51 разреза 5 между горизонтами 26 и 27 разреза 8 вытекает из стратиграфических данных. Как видно из рис. 5, резко аномальное направление вектора в горизонте 27 подтверждения в параллельном разрезе не получило, вследствие чего эта часть траектории показана прерывистой линией. Это аномальное направление, так же как и направление намагниченности пород горизонта 20 из предыдущего возрастного интервала, исключать из дальнейшего рассмотрения мы считаем преждевременным, так как, возможно, они отражают экскурсы геомагнитного поля, которые из-за кратковременности плохо фиксируются в разрезах осадочных пород. Учитывая также то, что реальность этих направлений палеополя могла бы дать хорошие хронологические и стратиграфические реперы, в дальнейшем следует более детально изучить эти возрастные интервалы еще на нескольких параллельных разрезах.

Результаты, полученные по разрезам 5 и 8 в следующем возрастном интервале — от 5000 до 6000 лет назад, показаны на рис. 6, а. На первый взгляд две приведенные траектории существенно отличаются, но после введения поправки за наклон слоев в разрезе 8 (здесь она составляет уже  $7,5^\circ$ ) более наглядно выявляются их общие элементы, позволяющие с некоторой степенью вероятности реконструировать изменения геомагнитного поля в этот интервал времени. Из такой реконструкции, показанной

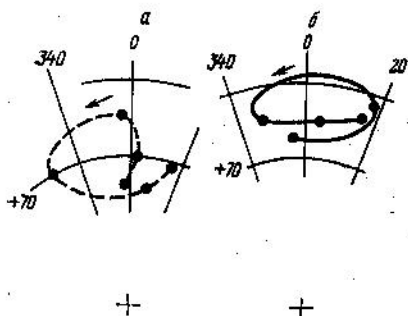


Рис. 3

Рис. 3. Палеовариации геомагнитного поля 3000—4000 лет назад. а — данные по разрезу 5; б — данные по разрезу Ключевского вулкана

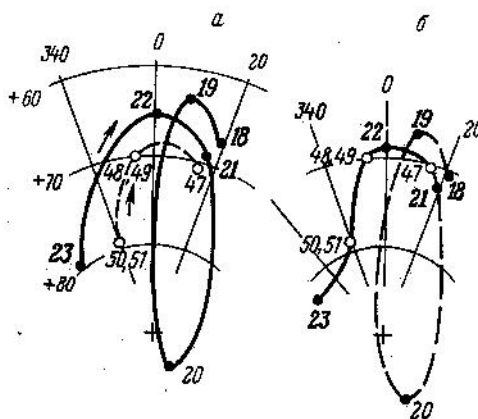


Рис. 4

Рис. 4. Палеовариации 4100—4600 лет назад. Усл. обозн. см. в подп. к рис. 1

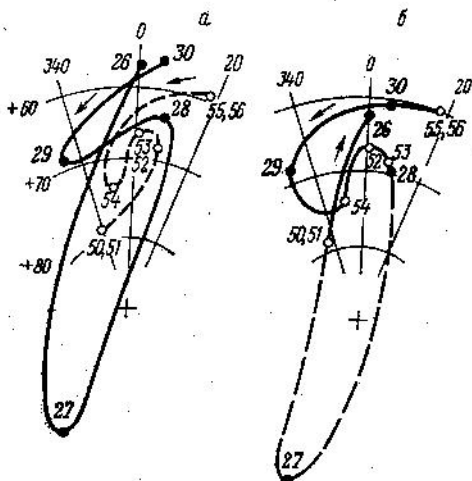


Рис. 5

Рис. 5. Палеовариации 4600—5000 лет назад. Усл. обозн. см. в подп. к рис. 1

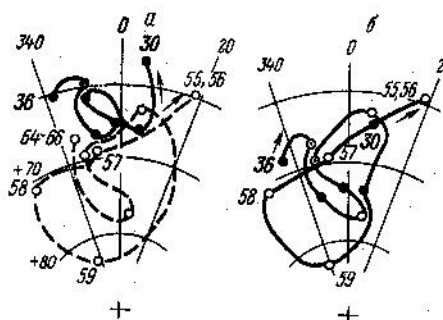


Рис. 6

Рис. 6. Палеовариации 5000—6000 лет назад. Обозначения см. в подп. к рис. 1

на рис. 6, б, следует, что в разрезе 8 не нашла отражения петля вариаций с направлениями, соответствующими намагниченности горизонтов 57, 58 и 59 разреза 5. Очевидно, что для их подтверждения и детализации изменений поля в этот интервал времени также весьма желательно изучение дополнительных параллельных разрезов.

Ниже по разрезу какого-либо сходства вариаций в синхронно сформировавшихся участках обнаружить не удалось. Основная причина этого — по-видимому, другой режим эксплозивной деятельности вулкана Малый Семячик. Если для вышележащей части разреза характерно частое чередование большого числа маломощных прослоев тефры, благоприятствующее подробной записи истории геомагнитного поля, то в низах разреза наблюдается сравнительно небольшое количество гораздо более мощных прослоев, сформировавшихся в результате одноактных эксплозий. Второй причиной может быть то, что в предшествующий интервал времени амплитуда вариаций была меньшей и сравнимой с погрешностью наших определений. Такое снижение амплитуды палеовариаций 4000 лет назад и более наблюдается, по предварительным данным, и в разрезе тефры Ключевского вулкана. И наконец, нельзя упускать из виду возможность недостаточной стабильности зафиксированных в горизонтах тефры направлений древнего геомагнитного поля. Этот вопрос, однако, требует особого рассмотрения, а также дополнительных полевых и лабораторных исследований.

1. В параллельных разрезах почвенно-пирокластических отложений вулкана Малый Семьячик наблюдаются сходные изменения направлений остаточной намагниченности для интервала времени от 300 до 6000 лет назад. Такое же сходство обнаружено для интервала 1000—4000 лет назад в одновозрастных разрезах вулканов Малый Семьячик и Ключевской, отстоящих друг от друга на 240 км. Этим подтверждается наличие в тефре первичной синхронной намагниченности, отражающей направления древнего геомагнитного поля.

2. Вследствие сложности объектов, связанной со спецификой их генезиса (литологическое разнообразие, дискретность возраста и крайне неравномерная скорость формирования отдельных горизонтов), для получения детальной картины палеовариаций необходимо изучение двух или более параллельных разрезов.

3. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования палеовариаций для расчленения и очень дробной внутрирегиональной корреляции голоценовых образований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева В. А., Zubov A. G., Кочегура В. В. Естественная остаточная намагниченность тефры и изучение по ней палеовековых вариаций. — В кн.: Проблемы изучения палеовековых вариаций магнитного поля Земли. Владивосток, 1979, с. 36—51.
2. Брайцева О. А., Егорова И. А., Несмачный И. А., Селянгина О. Б., Сулержицкий Л. Д. Тефрохронологические исследования как метод изучения закономерностей циклического развития вулкана. — Бюл. вулканол. ст., 1978, № 54, с. 41—52.
3. Брайцева О. А., Мелекесцев И. В. Почвенно-пирокластический чехол — новый перспективный объект для палеомагнитных исследований на Камчатке. — В кн.: Проблемы изучения палеовековых вариаций магнитного поля Земли. Владивосток, 1979, с. 27—35.

Институт физики Земли АН СССР  
Институт вулканологии  
ЛВНЦ АН СССР

Поступила в редакцию  
16.X.1981