

## Позднеплейстоценовые вариации магнитного поля Земли, записанные в покровных супесях Центральной Камчатской депрессии

Зубов А.Г.<sup>1</sup>, Кочегура В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

<sup>2</sup> ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург

**Описание объекта** Палеомагнитному изучению были подвергнуты лёсоподобные отложения Центральной Камчатской депрессии (ЦКД), так называемые «покровные супеси» [1]. Было выбрано обнажение яра Половинка на реке Камчатка. Причина в хорошей геологической и стратиграфической изученности разреза, в наличии радиоуглеродных датировок, в значительной мощности накапливавшихся с большой скоростью отложений, в прекрасной обнажённости и относительной доступности разреза. Обнажение яра Половинка открывает нам наиболее полный разрез четвертичных отложений депрессии, запечатлевший в себе все основные события её геологической истории. Наиболее равномерно накапливавшиеся и этим привлёкшие нас мелкозернистые покровные супеси эолового происхождения имеют здесь мощность 46 м. Среди основного материала отложений исходно пирокластического происхождения встречаются чисто пепловые и почвенные горизонты мощностью до 60 см.

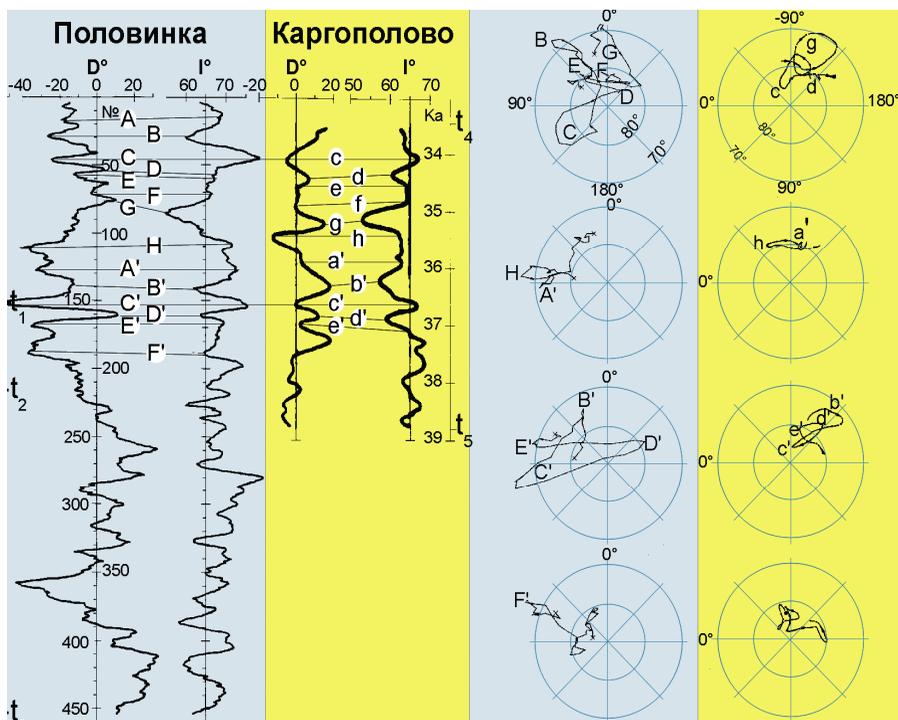
Отбор образцов производился по одному из уровня с интервалом 10 см между уровнями. Из-за выявившихся структурных нарушений в середине разреза отбор был перенесён по маркирующему слою погребённой почвы на несколько десятков метров и продолжен в новой расчистке. Образцы отбирались в контейнеры из разных материалов, разных форм и размеров: дюралевые, пластмассовые, стеклянные, цилиндрической формы, а также бумажные кубики по технологии применения магаданского пробоотборника. Контейнеры горизонтально с контролем по уровню внедрялись в вертикальную стенку разреза, затем ориентировались.

Имеющиеся датировки (Рис. 1) позволяют произвести оценки скоростей осадконакопления. Средняя скорость на верхнем участке  $t_1-t_2$   $V_B = (2,5 \pm 2,5)$  мм/год. Средняя скорость на участке  $t_2-t_3$   $V_H = (1,3 \pm 0,2)$  мм/год.

Для сглаживания всех рядов применялось 7-точечное скользящее осреднение. Такой фильтр оказался оптимальным для всех использованных в этой работе временных рядов.

**Магнитная чистка** Опыт изучения обнажений голоценового почвенно-пирокластического чехла (ППЧ) показал [2], что единственной значимой вторичной намагничённостью в молодых рыхлых вулканических породах является VRM, составляющая 20%-50% от NRM. Эта вязкая составляющая снимается в ППЧ температурно-временной чисткой с режимом 100-200°C в нулевом поле с выдержкой 8 часов. Учитывая сходство покровных отложений ЦКД с ППЧ, мы посчитали возможным обойтись без лабораторных исследований компонентного состава естественной остаточной намагничённости пород разреза. Свежесть пород покровных отложений яра позволяет рассчи-

тывать на малость вклада химической намагниченности, возможность присутствия которой все же совсем отбрасывать не следует. Температурно-временную чистку при 100°C прошли все отобранные образцы. Контрольным испытаниям при 200°C были подвергнуты 80 образцов, направления остаточной намагниченности которых после чистки дали большой межпластовый разброс.



**Рис. 1.** Радиоуглеродные датировки:  $t_1 = 35,4 \pm 1,5$  (ГИН 3405),  $t_2 = 38,0 \pm 1,1$  (ГИН 3404),  $t_3 = 54,8 \pm 1,4$  (ГИН 5298),  $t_4 = 33,45 \pm 0,55$  (СОАН-744) и  $t_5 = 38,8 \pm 0,55$  (СОАН-25) в тысячах лет назад. Размерность по вертикали: Половинка – № горизонта и образца, Каргополово – возраст в т.л.н. На рисунке представлены сглаженные кривые D и I.

Величина разрушенного при 100°C вектора остаточной намагниченности  $\Delta J_{n100} = |J_n - J_{r100}|$  в среднем составляет 30% от  $J_n$ . Примечательно, что в отличие от  $J_i$  и  $Q$ , доля разрушившейся части NRM ( $\Delta J_{n100}/J_n$ ) не имеет аномалий на пепловых горизонтах. При терморазмагничивании низкотемпературная часть NRM осадочных пород содержит преимущественно вязкую составляющую, величина которой определяется в основном напряженностью современного поля, зато высокотемпературная часть имеет ориентационную природу и зависит от напряженности древнего поля. Тогда в качестве фактора относительной палеонапряженности логично выдвинуть величину  $F = J_{r100}/\Delta J_{n100}$ .

Кривая F, полученная по данным разреза, оказалась довольно «шероховатой». Очевидно, это следствие частичного перемагничивания VRM при перевозке и хранении образцов. Все же можно заметить, что отклонения значений F на пепловых горизонтах относительно соседних уже не имеют систематического характера в отличие от Q. Синхронность следования на кривых F и Q большинства характерных коротких пиков вряд ли может оказаться случайным и свидетельствует скорее всего об общности вызывающих их появления причин.

**Межрегиональная корреляция** Располагая радиоуглеродными данными о возрасте разреза Половинка, удалось подыскать подходящие для сравнения палеомагнитные данные в диапазоне 33-39 т.л.н. [5]. Географические координаты разреза Половинка 158°55'40" в.д. и 54°54'40" с.ш., а у известного разреза Каргополово — 53,75° с.ш. и 82,15° в.д. То есть при близости по широте, удаленность от нашего разреза по долготе — 77°. Расположение разрезов на близких широтах оказывается весьма благоприятным для толкования результатов с позиции моделей дрейфующих источников недипольного поля.

Для удобства анализа парные особенности кривых D и I из разреза Половинка на Рис. 1 были помечены прописными буквами. Сопоставляя две кривые, мы учитываем возможную неравномерность записей и возможные изменения амплитуд осцилляций, которые должны отражаться в записях как локальные изменения масштабов по той или другой оси. С учётом того, что сопоставляются две пары кривых, достоверность корреляции повышается. Сходные особенности аналогичных кривых по разрезу Каргополово помечены соответствующими строчными буквами.

Вертикальный масштаб кривых разреза Половинка подобран таким, чтобы наиболее чёткие максимумы C-c и C'-c' всех кривых соединялись горизонталями. В результате остальные коррелируемые особенности кривых оказались почти на одинаковых уровнях, что свидетельствует об относительной устойчивости скоростей осадконакопления на сравниваемых участках. Однако при внимательном рассмотрении обнаруживается, что сдвиг по фазе некоторых парных особенностей вариаций D и I одного разреза иногда отличается от сдвига по фазе в соответствующей паре другого разреза. Самый яркий пример тому пары G и g, где фаза пика D отстает от фазы I на кривых разреза Половинка (G), а на кривых разреза Каргополово (g) опережает. На стереограммах это выразится в разных направлениях обхода петель.

Мы знаем время, прошедшее между датированными точками вариаций Каргополово. Если корреляция кривых сделана верно, можно использовать это время для уточнения средней скорости осадконакопления соответствующего участка разреза Половинка. Получается  $V_v = (4,1 \pm 0,8)$  мм/год, что значительно улучшает сделанную выше оценку. А временной промежуток между горизонтами отбора верхней части разреза составляет в среднем  $(25 \pm 5)$  лет.

Более наглядно соотношения фаз должны выявиться на стереограммах ПВВ. К сожалению, для выбранной части разреза Каргополово опубликована только траектория виртуального геомагнитного полюса (ВГП). В таком слу-

чае для сравнения одну из стереограмм ВГП целесообразно повернуть на угол разности долгот мест изучения МПЗ. Это очевидное следствие гипотезы дрейфующих источников.

Результат сопоставления представлен на Рис. 1 справа. На участках, где корреляция в паре D и I по разрезам выглядит уверенно, наблюдается и хорошая корреляция петель траекторий. Примечательно, что направления главных осей лепестков скоррелированных петель для обоих разрезов примерно одинаковы. Как и ожидалось, амплитуды вытянутости скоррелированных пар петель, как и амплитуды скоррелированных по разрезам экстремумов D и I, различны. Это может быть следствием разного качества полученных записей, или изменения амплитуд источников во время дрейфа. Направления обхода петель почти во всех отчетливо вырисовывающихся парах петель согласуются. Явное исключение составляет пара G-g. Замеченное выше различие соотношений фаз колебаний D и I выразилось здесь в противоположности направления обхода при некотором сходстве направлений осей лепестков. Что-то подобное можно сказать и о петлях H-h, B'-b', E'-e', но малый размер петель не позволяет дать уверенное заключение.

Ниже радиоуглеродной датировки 38,8 т.л.н. в разрезе Каргополово выявлены записи известного одноимённого экскурса [3-5]. Однако, никаких признаков экскурса в соответствующих участках разреза Половинка пока не обнаружено.

**Попытка периодизации вариаций** Многие наши выводы и расчеты основывались на представлениях о дрейфующих в широтном направлении источниках недипольного поля. Сходство кривых вариаций в двух разнесенных по широте точках наблюдений можно объяснить только дрейфом квазистатичной картины недипольного поля источников. Объяснить такую картину поведения МПЗ стационарными или дрейфующими в разные стороны источниками невозможно. Если параметры источников в процессе однонаправленного дрейфа меняются медленно, можно надеяться на выявление квазипериодичности вариаций из-за повторных прохождений тех же источников ПВВ вблизи точки наблюдения.

Не случайно элементы вариаций на наших рисунках именованы простыми и штрихованными буквенными обозначениями. Таким образом мы демонстрируем нашу попытку найти пары сходных элементов двух соседних периодов. Сходство каждой пары определялась визуально по тем же признакам, как и при корреляции между двумя разрезами. Зацепкой послужило сходство наиболее выделяющихся на кривых D и I пиков C-C', уже использованных в качестве маркирующих при совмещении кривых обоих разрезов. Таким образом удалось проследить одновременно по D и по I почти полное соответствие особенностей вековых вариаций из предполагаемых соседних периодов.

Сходство пар петель вариаций по периодам, так же как и сходство пар петель по разрезам, проявляется в близости направлений их главных осей, в то время как существенно могут различаться амплитуды и даже направления обхода в каждой паре. Различие направлений обхода в парах петель, наиболее четко выявляемое в периодической паре C-C', как и замеченное ранее в

паре G-g из разных разрезов, в соответствии с правилом Ранкорна [6-7], согласно которому обход петли по часовой стрелке соответствует западному дрейфу источника и наоборот, противоречит выводу об однонаправленном дрейфе источников. Пока нет объяснения этому противоречию. Поскольку это важно для теории, желательнее провести аккуратные повторные исследования, а также обращать в дальнейшем внимание на аналогичные проявления. Есть и случай нарушения ориентировки главных осей лепестков в паре В'-В, где они развёрнуты относительно друг друга на  $\sim 60^\circ$ . Это тоже требует проверки.

Полагая на основании вышесказанного, что скорости дрейфа всех источников близки, определим общий период и скорость дрейфа. Используя привязку пиков С-С' к временной шкале, получаем период  $T = 2,7 \pm 0,5$  тысяч лет и скорость дрейфа  $0,13 \pm 0,03^\circ/\text{год}$ . Направление дрейфа так и остается неопределённым.

### **Выводы**

1. Отложения так называемых «покровных супесей» ЦКД благодаря высокой и относительно устойчивой скорости осадконакопления представляют собой уникальный объект для изучения палеогеографических вариаций МПЗ.

2. Записанные в обнажении яра Половинка записи вековых вариаций древнего МПЗ могут использоваться на Камчатке для хронологических и стратиграфических построений, а также датирования вулканогенных и других геологических образований в диапазоне 33-55 тысяч лет.

3. Для вулканогенных осадочных образований параметр  $F = J_{\text{ГТ}}/\Delta J_{\text{ГТ}}$ , как отношение величины остаточной намагниченности после магнитной чистки к величине разрушенной в результате чистки составляющей, может оказаться наиболее удачным в роли относительной палеонапряженности. Кривая F сходна с кривой Q, но не имеет аномалий на пепловых горизонтах. Однако при получении параметра F предъявляются повышенные требования к аккуратности при работе с VRM.

4. Обнаружены корреляционные связи с записями вековых вариаций МПЗ синхронного разреза Каргополово (Сибирь). С позиции гипотезы дрейфующих источников недипольного поля успех установления межрегиональной корреляции объясняется расположением обоих разрезов на близких широтах, то есть на едином пути дрейфа источников.

5. Перенесение масштаба более удачной радиоуглеродной шкалы разреза Каргополово на верхнюю половину разреза Половинка позволило уточнить скорость осадконакопления на этом участке разреза.

6. При анализе свойств коррелируемых элементов вековых вариаций было замечено, что наиболее устойчивыми особенностями вековых вариаций являются направления ориентации лепестков петель. Амплитуды же скоррелированных осцилляций довольно изменчивы.

7. Отсутствие в разрезе Половинка записей ожидаемого экскурса Лашамп-Каргополово возможно по следующим причинам:

а) экскурс Лашамп-Каргополово не глобальный,

- b) полученные записи ПВВ в разрезе Половинка на соответствующем участке недостаточно вычищены от помех,
- c) записи экскурса оказались в мощном горизонте погребённой почвы с другим режимом накопления и замаскированы химической намагниченностью,
- d) записи экскурса отсутствуют в разрезе из-за перерывов накопления или размыва.

8. Наличие корреляции записей ПВВ в разных точках поверхности Земли и квазипериодичность записи говорят об относительной устойчивости картины недипольного поля при дрейфе. Из этого следует однонаправленность дрейфа, что не стыкуется с разнонаправленностью обхода петель на стереограммах, из которого следует разнонаправленность дрейфа. Противоречие требует проверки данных и анализа других случаев.

9. При анализе свойств коррелируемых элементов вековых вариаций было замечено, что наиболее устойчивыми особенностями вековых вариаций являются направления ориентации лепестков петель. Амплитуды же скоррелированных осцилляций довольно изменчивы.

10. Осуществлена попытка межпериодной корреляции вековых вариаций записи разреза Половинка. Почти полностью удалось связать два периода участвовавших в межрегиональной корреляции отрезков записей. Свойства коррелируемых элементов вековых вариаций оказались такими же как и при межрегиональной корреляции. Длительность периода определена в 2,7 тысяч лет. По нашим представлениям это время, необходимое для осуществления полного дрейфового оборота источников вековых вариаций.

1. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Евтеева И.С., Лупкина Е.Г.* Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. М.: Наука, 1968. 227 с.
2. *Алексеева В.А., Зубов А.Г., Кочегура В.В.* Естественная остаточная намагниченность тефры и изучение по ней палеовековых вариаций // Проблемы изучения палеовековых вариаций магнитного поля Земли. Владивосток, 1979. С. 36-51.
3. *Куликова Л.С., Поспелова Г.А.* Кратковременная инверсия геомагнитного поля 40 тысяч лет тому назад // Физика Земли, №6, 1979. С.52-64.
4. *Куликова Л.С.* Изучение вековых вариаций и экскурсов геомагнитного поля по палеомагнитным исследованиям позднплейстоценовых континентальных отложений: Автореферат диссертации. Новосибирск, 1980. 24 с.
5. *Куликова Л.С.* Палеовековые вариации и экскурсии магнитного поля Земли последних 50 тысяч лет. Новосибирск: Институт геологии и геофизики СО АН СССР, 1984. 183 с. (ВИНИТИ №6520-84 Деп.)
6. *Runcorn S.K.* On the theory of the geomagnetic secular variations // *Annales de Geophysique*, t. 15, fasc. 1, 1959. P.87-92.
7. *Skiles D.D.* A method of inferring the direction of drift of the geomagnetic field from paleomagnetic data // *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity*, vol. 22, No. 4, 1970. P.441-462.