Позднеплейстоценовые вариации магнитного поля Земли, записанные в покровных супесях Центральной Камчатской депрессии А.Г. Зубов, В.В Кочегура

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, ВСЕГЕИ

Late pleistocene variation of Earth's magnetic field recorded in cover sandy loams from Central Kamchatkan depression

A.G. Zubov, V.V. Kochegura[†]

Insitute of volcanology and seismology FED RAS, VSEGEI

80 60 40 20

Рисунок 1. Схема строения яра Половинка: I - тонкопереслаивающиеся супеси, суглинки, пески; 2 - пески «косослоистые»; 3 - галечники; 4 - супесь с галькой и валунами - морена; 5 - суглинки; 6 - пески пылеватые; 7 - покровные супеси; 8 - прослои вулканических пеплов; 9 - погребенная древесина; I - толща озерных «синих глин» (Q_1^2) ; II - толща аллювиальных «косослоистых песков» $(Q_1^2 - Q_2^1)$; III - «мореноподобная» толща — ледниковые и водноледниковые отложения среднеплейстоценового оледенения (Q_2^2) ; IV - ледниково-озерные отложения среднеплейстоценового оледенения (Q_2^2) ; V - межледниковые аллювиальные отложения погребенной террасы P. Камчатка P - покровные супеси P - P - P - покровные супеси P - P - P - P - покровные супеси P - P - P - P - покровные супеси P - P - P - покровные супеси P - P - P - P - покровные супеси P - P - P - покровные супеси P - P - P - P - покровные супеси P - P - P - P - покровные супеси P - P - P - P - покровные супеси P - P - P - P - P - покровные супеси P - P - P - P - P - P - покровные супеси P -

Fig. 1. Structural diagram of Polovinka dene: 1 – fine interbedded sandy loams, clay loams, sands; 2 – "transversal embedded sands"; 3 – gravels; 4 – sandy loams with gravels and stones like a moraine; 5 - clay loams, 6 – pulverescent sands; 7 - cover sandy loams; 8 – volcanic ash layers; 9 – buried wood; I – lake "blue clay" stratum (Q_1^2) ; II – alluvial "transversal embedded sands" stratum $(Q_1^2 - Q_2^1)$; III – "moraine-like" stratum, i.e. glacial and water-glacial deposits from middle Pleistocene glaciation (Q_2^2) ; IV – lake-glacial deposits from middle Pleistocene glaciation (Q_2^2) ; V – interglacial alluvial deposits of buried river Kamchatka terrace (Q31); VI - cover sandy loams $(Q_3^2 - Q_3^3)$.

Аbstract: Палеомагнитному изучению были подвергнуты лёссоподобные отложения Центральной Камчатской депрессии, так называемые "покровные супеси". Отбор образцов был произведёт на вскрытом рекой Камчатка обнажении яра Половинка (158°55'40"в.д. и 54°54'40"с.ш.). Наличие радиоуглеродных датировок позволило вычислить возраст формирования супесей 30-50 т.л. и среднюю скорость осадконакопления ≈2 мм/год. По всему разрезу было отобрано 457 ориентированных образцов с интервалом отбора 10 см. Полученные записи угловых параметров были сопоставлены с аналогичными палеомагнитными записями известного разреза Каргополово, расположенного практически на той же широте, но отстоящий на 77° по долготе. Выявилось сходство форм кривых D и I, а также форм петель на стереограммах на значительной части записей. Аналогичное сходство петель проявилось на развёрнутых на четверть оборота относительно друг друга стереограммах ВГП. Такой результат хорошо согласуется с гипотезой широтного дрейфа недипольных источников. На камчатской записи ПВВ экскурс, аналогичный известному экскурсу Каргополово, не проявился.

Cover sandy loams or loess-like deposits were paleomagnetically studed in Central Kamchatkan depression. Sampling took place in Kamchatka-river erosion of Polovinka dene (158°55'40"E, 54°54'40"N). Due to radiocarbon dating age of deposits was determinated in 30-50 kyr and an average sedimentation rate was calculated in ≈ 2 mm/year. 457 orientated samples were collected across the section after 10 cm. Resultant paleomagnetic angular records were compared with ones from well-known Kargapolovo section, located on the same latitude and trough 77° wester. Shapes of D and I curves were like to each other on the considerable part of records. The same were for shapes of loops on the stereogramms. Such result is in good agreement with the hypothesis of drifting nondipole sourses as a cause of PSV. No geomagnetic excursions was indicated on Polovinka records.

Описание объекта

Для исследований было выбрано обнажение яра Половинка на реке Камчатка с координатами 158°55'40"в.д. и 54°54'40"с.ш. Доводами для такого выбора послужили хорошая геологическая и стратиграфическая изученность разреза, наличие радиоуглеродных датировок, значительная мощность накапливавшихся с большой скоростью отложений, прекрасная обнажённость разреза. Обнажение яра Половинка открывает нам наиболее полный разрез четвертичных отложений ЦКД, запечатлевший в себе все основные события геологической истории развития депрессии (рис. 1).

Отбор образцов производился по одному из уровня с интервалом 10 см между уровнями в двух расчистках последовательно из-за структурных нарушений на глубине 25 м. Стратиграфическая стыковка расчисток осуществлена по визуально прослеженному реперному почвенному горизонту толщиной 30-40 см (рис. 2). 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. 2) позволяют произвести оценки скоростей осадконакопления. Средняя скорость на участке t_1 - t_2 $V_{upper} = (2,5\pm2,5)$ мм/год. Средняя скорость на участке t_2 - t_3 - $V_{lower} = (1,3\pm0,2)$ мм/год.

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

Улучшенная сглаживанием кривая вариаций Q представлена на рисунке 3. Обращают на себя внимание уже не связанные с пепловыми горизонтами выделившиеся после фильтрации чёткие пики короткой продолжительности.

Магнитная чистка

Опыт изучения обнажений голоценового почвеннопирокластического чехла (ППЧ) показал, что единственной значимой вторичной намагниченностью 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°С 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 намагниченности пород разреза. Свежесть пород покровных отложений яра позволяет рассчитывать на малость вклада химической намагниченности, возможность присутствия которой все же совсем отбрасывать не следует. Температурно-временную чистку при 100°С прошли все отобранные образцы. Контрольным испытаниям при 200°С были подвергнуты 80 образцов, направления остаточной намагниченности которых после чистки дали большой межпластовый разброс.

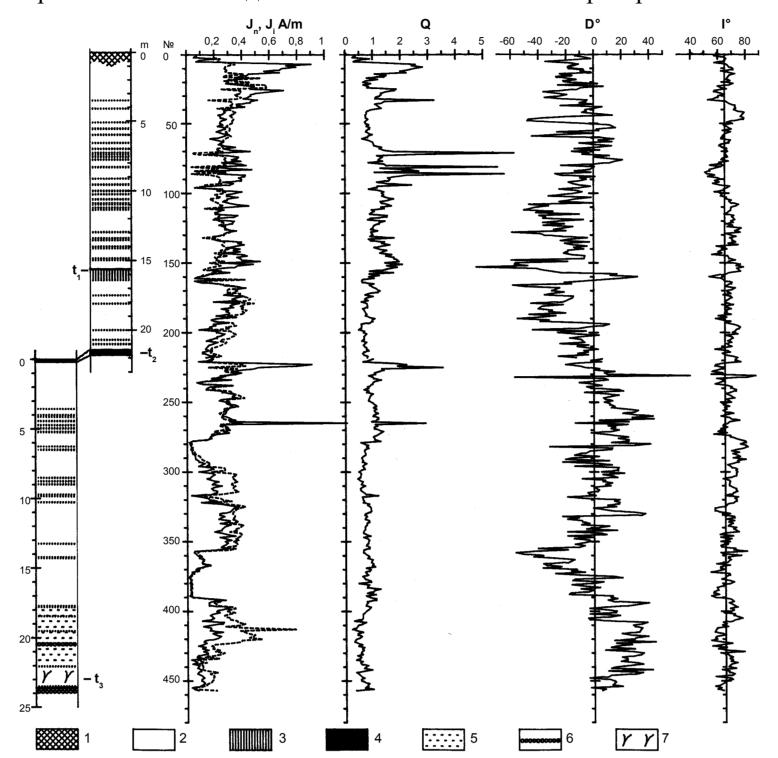


Рисунок 2. Схема разреза и магнитные характеристики покровных супесей яра Половинка: 1 - голоценовый ППЧ и современная почва; 2 - супеси, суглинки; 3 - пепловые прослои; 4 - древние почвы; 5 - песчанистые толщи супесей; 6 - галечные прослои; 7 - древесные останки. Радиоуглеродные датировки: $t_1 = 35,4\pm1,5$ (ГИН 3405), $t_2 = 38,0\pm1,1$ (ГИН 3404), $t_3 = 54,8\pm1,4$ (ГИН 5298) в тысячах лет назад. По краям схемы разреза указана глубина в метрах от вершины для верхней части и от реперного почвенного прослоя для нижней части. J_n , J_i - величины естественной остаточной (сплошная линия) и индуктивной (штриховая линия) намагниченности в A/m, Q - фактор Кенигсбергера, D и I - склонение и наклонение остаточной намагниченности пород в градусах после температурно-временной чистки и отбраковки. По вертикальной оси - номера горизонтов.

Fig 1. Structural diagram and magnetic characteristics of cover sand loams from Polovinka dene: 1 - Holocene soil-pyroclastic cover and modern soil; 2 - sandy loams, clay loams; 3 - ash layers; 4 -ancient soils; 5 - sandy loams; 6 - 9 - 9 gravel layers; 9 -wood remains. Radiocarbon dating: 9 the 9 structural years ago. The cross-section diagram shows depths in meters: for the upper part it is from the top and for the lower part it is from a bench-mark of the soil layer. In, Ji are the volumes of natural remanent magnetization (full line) and inductive magnetization (dashed line) in 9 in 9 is Koenigsberger factor, 9 and 9 is declination and inclination of rock remanent magnetization in degrees after time-temperature cleaning and rejection. The numbers of cross sections are shown along the vertical axis.

Величина разрушенного при 100°C вектора остаточной намагниченности $\Delta J_{n100} = |\mathbf{J}_n - \mathbf{J}_{r100}|$ в среднем составляет 30% от J_n . Примечательно, что в отличие от J_i и Q, доля разрушившейся части J_n ($\Delta J_{n100}/J_n$) не имеет аномалий на пепловых горизонтах. При терморазмагничивании низкотемпературная часть J_n 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 невысокой относительной точности величины ΔJ_{n100} . Все же можно заметить, что отклонения значений F на пепловых горизонтах относительно соседних уже не имеют систематического характера. Синхронность следования на кривых F и Q (рис.3) большинства характерных коротких пиков вряд ли может оказаться случайным и свидетельствует скорей всего об общности вызывающих их появление причин.

На рис. 3 также представлены сглаженные кривые D и I. А на рис. 4 изображены стереограммы ПВВ по полученным данным.

Межрегиональная корреляция

Располагая радиоуглеродными данными о возрасте разреза Половинка, удалось подыскать подходящий для сравнения материал в диапазоне 33-39 т.л.н. Географические координаты 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.

В большинстве случаев удается проводить парную корреляцию характерных особенностей D и I, помеченных одной буквой (рис. 3). 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.

Временной масштаб кривых разреза Половинка подобран таким, чтобы наиболее четкие максимумы С-с и С'-с' 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. Небольшие различия в

уровнях по оси абсцисс коррелируемых пар можно было бы объяснить вариациями скоростей осадконакопления. Однако при внимательном рассмотрении обнаруживается, что сдвиг по фазе некоторых парных особенностей вариаций D и I одного разреза часто 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, а на кривых разреза Каргополово опережает.

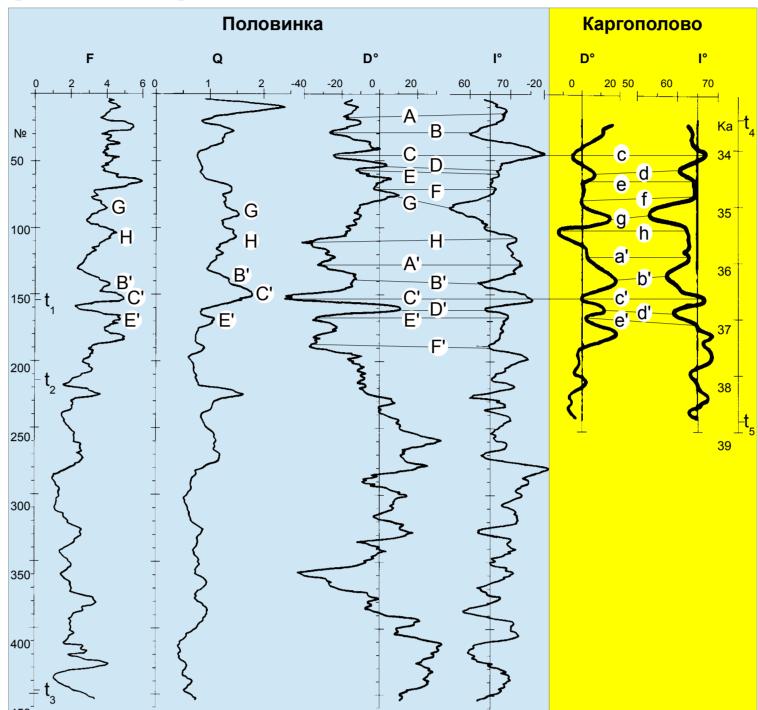


Рисунок 3. Сглаженные кривые магнитных характеристик пород разреза Половинка. Парная корреляция вариаций угловых параметров остаточной намагниченности пород разрезов Половинка и Каргополово. Справа - сглаженные вариации склонений и наклонений остаточной намагниченности пород разреза Каргополово с радиоуглеродной шкалой. Радиоуглеродные датировки: t_1 - t_3 см. в пояснениях к рис. 3, t_4 = 33,45±0,55 (COAH-744) и t_5 = 38,8±0,55 (COAH-25) в тысячах лет назад.

Fig. 3. There are smooth curves of magnetic features of deposits from Polovinka cross-section. Pair correlation of variations of angle parameters of remanent magnetization of deposits from Polovinka and Kargolovo cross-sections. To the right are smooth variations of declination and inclination of remanent magnetization of the cross-section Kargopolovo with radiocarbon dating scale. Radiocarbon dating: t_1 - t_3 in descriptions of fig. 3, t_4 = $33,45\pm0,55$ (SOAN-744) and t_5 = $38,8\pm0,55$ (SOAN-25) thousand years.

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 $V_{upper} = (4,1\pm0,8)$ мм/год, что значительно улучшает сделанную выше оценку. А временной промежуток между горизонтами отбора составляет в среднем (25 ± 5) лет.

Более наглядно соотношения фаз должны выявиться на стереограммах траекторий виртуального геомагнитного полюса (ВГП). Но в последнем случае одну из сравниваемых стереограмм целесообразно повернуть на угол разности долгот мест изучения МПЗ. Это очевидное следствие гипотезы дрейфующих источников. Результат сопоставления представлен на рисунке 5. Там, где корреляцию D и I по разрезам удалось провести в паре, наблюдается и корреляция петель траекторий. Направления главных осей лепестков скоррелированных петель для обоих разрезов примерно одинаковы, заметное различие наблюдается лишь в паре В'-b'. Амплитуды вытянутости скоррелированных пар петель, как и амплитуды скоррелированных по разрезам экстремумов D и I на рисунке 5, различны. Это не противоречит гипотезе дрейфующих источников, если допускать возможность эволюции и деградации источников в процессе перемещения. Направления обхода петель почти во всех отчетливо вырисовывающихся парах петелн согласуются. Явное исключение составляет пара G-g. Замеченное выше различие соотношений фаз колебаний D и I выразилось здесь в противоположности направления обхода при сходстве направлений

Выводы

осей лепестков.

- 1. Отложения так называемых «покровных супесей» ЦКД благодаря высокой и относительно устойчивой скорости осадконакопления представляют собой уникальный объект для изучения палеовековых вариаций МПЗ.
- Due to high and relatively stable rate of sedimentation, deposits from "cover sandy loams" from Central Kamchatka Depression are unique object for investigation of PSV.
- 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.
- PSV of ancient GMF recorded in outcrop of Polovinka dene can be used in Kamchatka for chronological and stratigraphical determines, as well as for dating of volcanic and other geological formations within time period of 33-55 thousand of years.

3. Для вулканогенных осадочных образований параметр $F = J_{rT}/\Delta J_{rT}$, 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 вычислении

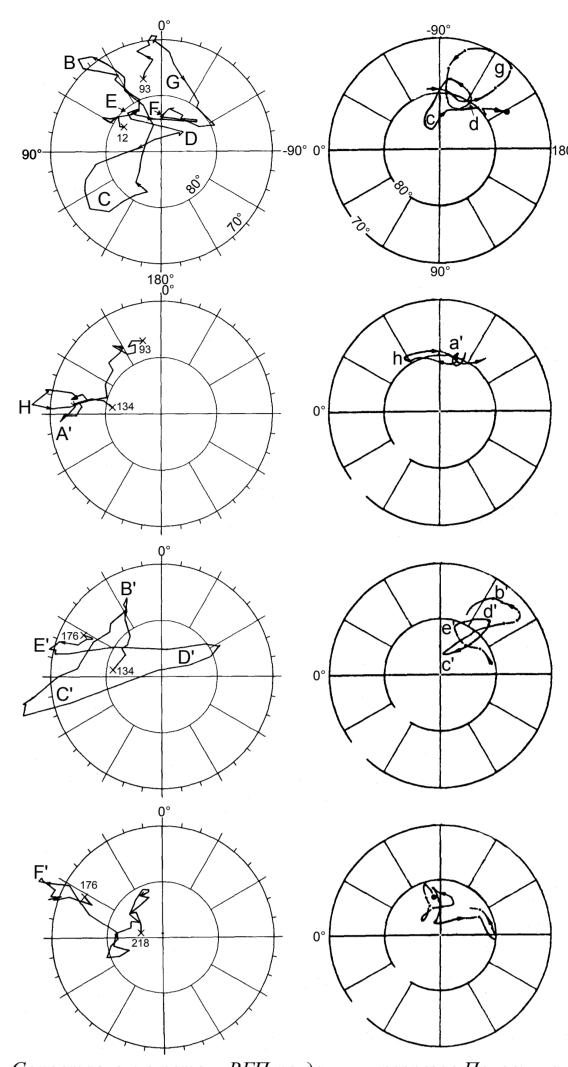


Рисунок 4. Сопоставление петель ВГП по данным разрезов Половинка и Каргополово. Левая колонка - траектории ВГП по данным разреза Половинка. Пояснения те же, что и у рисунка 4. Правая колонка - траектории ВГП по данным разреза Каргополово. Стрелки указывают направление движения во времени.

Fig.4. There is a comparison of VGP curves on data of Polovinka and Kargopolovo cross-sections. The left column is the VGP path on data of Polovinka cross-section. The numbers of points are coinciding with the numbers of the cross section's horizons. The right column is VGP path on data of Kargopolovo. The arrows show the direction of the movement in time.

параметра F предъявляются повышенные требования к точности и аккуратности получения исходных данных.

- $F = J_{rT}/\Delta J_{rT}$ for volcanic sedimentary formations as relationship of value of remanent magnetization after magnetic cleaning and value of the component destroyed by cleaning, can be the most successful parameter in the aspect of paleointensity. F curve is similar to Q curve, but it has no anomalies on ash horizons. However when calculating F parameter, raise demands for accuracy of obtaining of initial data are usually required.
- 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.
- Correlations with records of GMF secular variations of synchronous section in Kargopolovo (Siberia) have been revealed. According to the hypothesis of drifting sources of non-dipole field, successful interregional correlation is explained by location of both sections at close latitudes, i.e. at a single path of sources drift.
- 5. Перенесение масштаба более удачной радиоуглеродной шкалы разреза Каргополово на верхнюю половину разреза Половинка позволило уточнить скорость осадконакопления на этом участке разреза.
- Moving of a scale of more successful radiocarbon scale of the Kargopolovo section on the upper part of Polovinka section allowed defining the rate of sedimentation at this part of the section.
- 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.
- The analysis of properties of correlated elements of secular variations revealed that the most persistent peculiarities of secular variation are orientation of loop lobe. Amplitudes of correlated oscillations are rather variable.

Литература

- . Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Евтеева И.С., Лупикина Е.Г. Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. М.: Наука, 1968. 227 с.
- 2. Куликова Л.С., Поспелова Г.А. Вековые вариации геомагнитного поля в позднем плейстоцене по аллювиальным отложениям р. Оби // Палеомагнетизм мезозоя и кайнозоя Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1976. С.96-112.
- 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 позднеплейстоценовых континентальных отложений: Автореферат диссертации. Новосибирск, 1980. 24 с.
- 5. Куликова Л.С. Палеовековые вариации и экскурсы магнитного поля Земли последних 50 тысяч лет. Новосибирск: Институт геологии и геофизики СО АН СССР, 1984. 183 с. (ВИНИТИ №6520-84 Деп.)