

Действительный член Академии педагогических наук РСФСР
А. Г. КАЛАШНИКОВ

НОВЫЕ ТИПЫ МИКРОВАРИАЦИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Небольшие, более или менее правильные пульсации геомагнитного поля давно отмечались на магнитограммах, записанных на различных магнитных станциях (¹⁻³). Амплитуда таких пульсаций имеет порядок нескольких гамм (в южных широтах) и от 10 до 40 гамм (в северных широтах) (^{4, 5}). Периоды пульсаций колеблются от 20 до 200 сек., чаще всего встречаются периоды порядка 90 сек. Чувствительность магнитостатической аппаратуры, с помощью которой до сих пор наблюдались пульсации геомагнитного поля, не превышает 1 гаммы/мм, а частотные характеристики таковы, что позволяют отмечать колебания с периодом не выше 10—15 сек.

Индукционная магнитная станция, представляющая собой сочетание большого индукционного кольца с флюксометром (^{6, 7}), обладает чувствительностью на 2—3 порядка больше, чем магнитостатические станции, и большими возможностями в смысле записи высоких частот с периодами до 0,2 сек. В настоящее время мы имеем две таких индукционных станции: одна под Москвой — с чувствительностью 8 миллигамм на 1 мм шкалы и другая на северном Памире — с чувствительностью 3 миллигаммы на 1 мм шкалы и с очень хорошей частотной характеристикой. Наблюдения, проводимые на этих станциях за последние годы, и записи магнитограмм на них позволили накопить большой материал, относящийся к особенностям изменения вертикальной составляющей геомагнитного поля. Не касаясь в этой статье подмеченных зависимостей в изменениях магнитного поля от геофизических условий, я хочу привести здесь типичные виды микровариаций геомагнитного поля, наиболее часто встречающиеся на магнитограммах.

К микровариациям геомагнитного поля я отношу такие изменения поля, которые характеризуются резким изменением напряженности поля в течение краткого времени и величиной вариации, не превышающей 0,1 гаммы. Пульсации геомагнитного поля имеют амплитуды в 30—100 раз больше, чем микровариации наших типов. Типичные формы микровариаций представлены на рис. 1.

Микровариации всех типов могут быть разбиты на две группы: непериодические вариации и периодические. К непериодическим вариациям относятся вариации первых трех из указанных на рис. 1 типов «с», «и», «у».

Тип «с» представляет собой сбросовые или скачкообразные изменения напряженности геомагнитного поля без существенного изменения скорости вертикальной составляющей (см. рис. 1 а и 2 в, е).

Тип «и» представляет собой импульсные или толчкообразные изменения магнитного поля с той или иной продолжительностью импульса; основные формы этого типа приближаются к углу, к одной

половине синусоиды или к синусоиде с двумя вывернутыми четвертями (см. рис. 1 б и 2 а, б).

Тип «у» характеризуется резким изменением углового коэффициента кривой напряженности поля, что соответствует быстрому изменению скорости изменения вертикальной составляющей поля (см. рис. 1 в и 2 г). Такие угловые вариации магнитного поля сравнительно редко встречаются в местах, удаленных от промышленных центров, как, например, на Памире, и значительно чаще под Москвой.

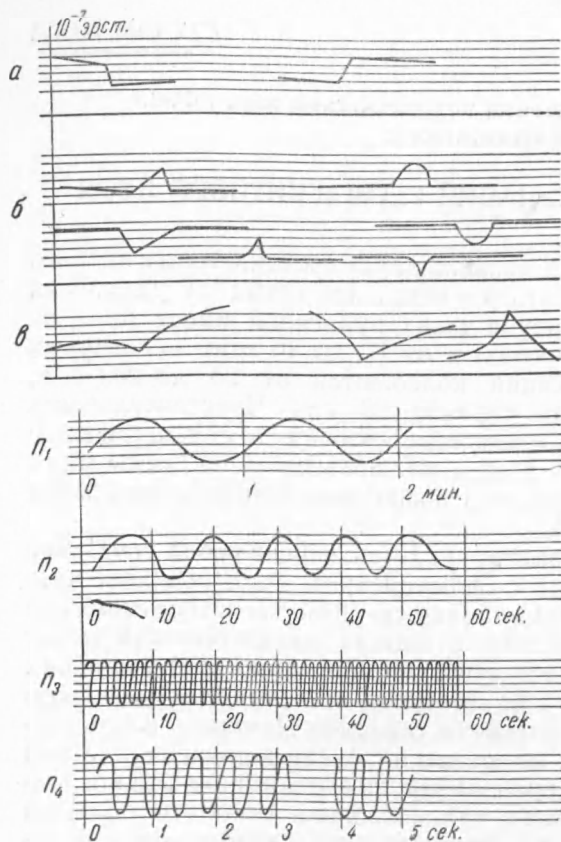


Рис. 1. Основные типы микровариаций напряженности геомагнитного поля. а — тип «с», б — тип «и», в — тип «у», г — тип «п»

риаций «п₄» с периодом колебаний от 1 сек. и меньше, причем часто такого рода колебания накладываются на другие колебания низких частот или комбинируются с импульсными вариациями (см. рис. 2 л).

Что касается вероятных причин, от которых зависят указанные выше основные типы микровариаций, то можно высказать следующие предположения.

Тип «с», вероятнее всего, вызывается скачкообразным изменением намагниченности горных пород твердой оболочки земного шара в районе расположения станций. Эти изменения могут зависеть от скачков в развитии упругих напряжений, от метаморфических и геохимических процессов и т. п.

Импульсные вариации геомагнитного поля типа «и» могут вызываться обратимыми процессами изменения геомагнитного поля, происходящими как в твердой оболочке, так и в атмосфере; но, вероятнее всего, они вызываются импульсной ионизацией верхних слоев атмосферы, которая может производиться пачками корпускул, летящих от Солнца,

Тип «п» периодических колебаний напряженности магнитного поля, наряду с типом «и» — импульсными изменениями, наиболее часто встречается на магнитограммах, записанных на Памирской станции. На рис. 1 представлены разновидности микровариаций типа «п». Здесь разновидность типа «п₁» (см. рис. 1 и 2 д) представляет собой колебательные вариации с периодом от 30 до 60 сек., что по периоду совпадает с верхней границей частот пульсаций; разновидность микровариации «п₂» представляет собой колебания с периодом от 10 до 15 сек.; эта форма наиболее часто встречается на Памирской станции (см. рис. 2 ж, з, и); разновидность микровариаций «п₃» представляет собой колебательные вариации с периодом около 1,5 сек.; они сравнительно редко встречаются (см. рис. 2 к, на котором представлена комбинация разновидностей «п₁» и «п₃»). Наконец, иногда наблюдается разновидность микрова-

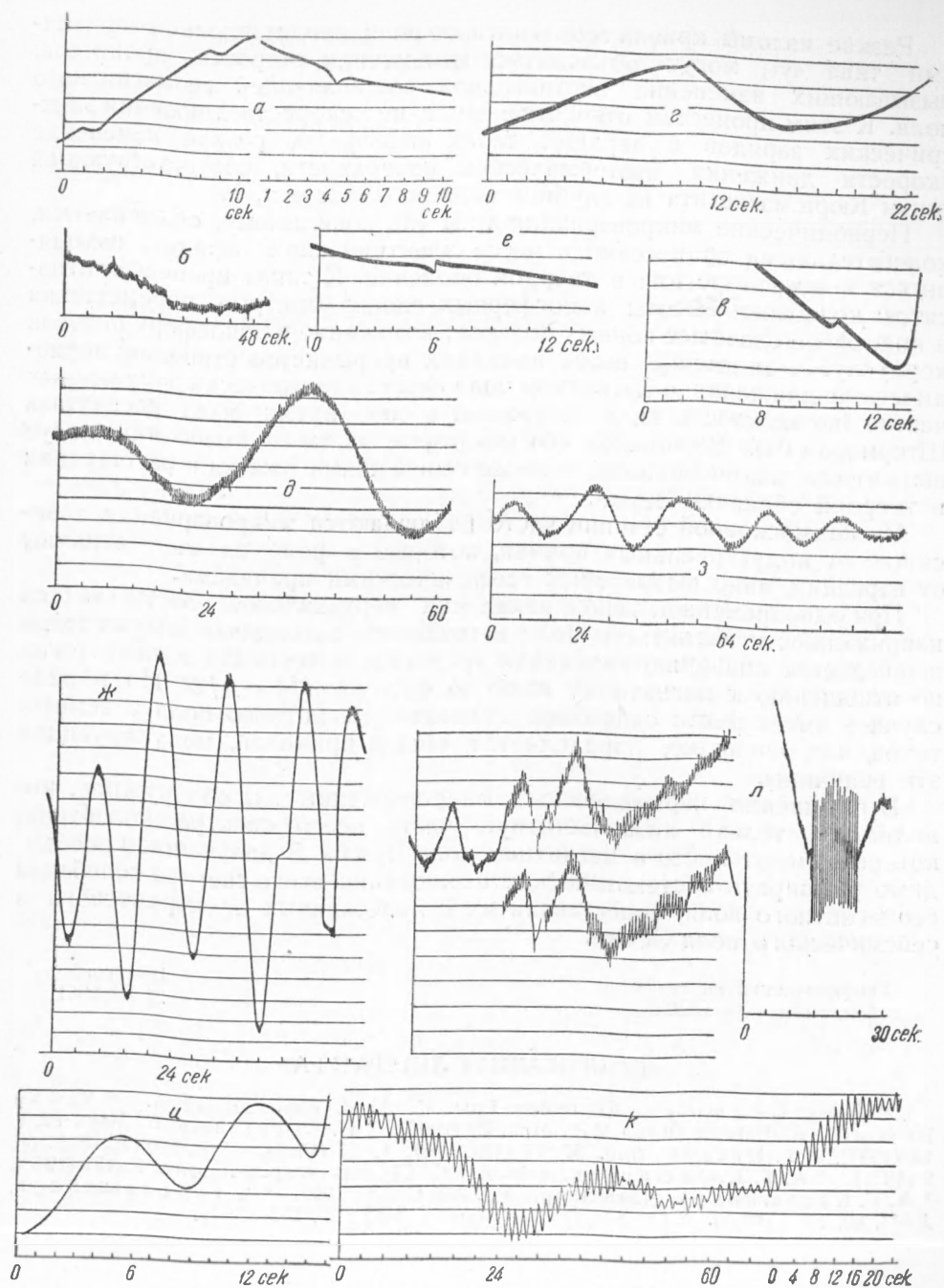


Рис. 2. Основные типы микровариаций (вырезки из магнитсграмм Памирской и Подмосковной магнитных станций). *a* — тип «и» — Подмоск. станция; *б* — тип «и» — Памирская станция; *в* — тип «с» — Подмоск. ст.; *г* — тип «у» — Подмоск. ст.; *д* — тип «п₁» — Памир. ст.; *е* — тип «с» — Подмоск. ст.; *ж* — тип «п₂» — Памир. ст.; *з* — тип «п₂» — Памир. ст.; *и* — тип «п₂» — Подмоск. ст.; *к* — тип «п₃» — Памир. ст.; *л* — тип «п₄» — Памир. ст. (быстрые колебания ($T \approx 1$ сек.) магнитного поля с большой амплитудой. Шкала для Подмоск. ст. — 1 дел. = $3,7 \cdot 10^{-7}$ эрстед для Памир. ст. — 1 дел. = $1,4 \cdot 10^{-7}$ эрстед

метеорами, врывающимися в ионосферу, сильными ливнями космических лучей и т. п. Во всяком случае, прохождение Земли через потоки метеоров всегда вызывает увеличение импульсных изменений магнитного поля⁽⁸⁾ (см. рис. 2*a*, представляющий часть магнитограммы, записанной накануне максимума Леонид 15 XI 1950 г.).

Резкие изломы кривой геомагнитного поля, представленной вариациями типа «у», могут объясняться изменением скорости процессов, вызывающих изменение вертикальной составляющей геомагнитного поля. К этим процессам относятся: изменение скорости движения электрических зарядов в верхних слоях атмосферы, резкое изменение скорости движения изотермической поверхности, соответствующей точки Кюри магнетита на глубине порядка 25 км и т. п.

Периодические микровариации типа «п», повидимому, объясняются, колебательными процессами в массе электрических зарядов, находящихся в атмосфере или в твердой оболочке. К таким процессам относятся: колебания высоты ионосферных слоев; быстрые перемещения в ионосфере слоистых ионных облаков; вторжение в ионосферу потоков корпускул и метеорной пыли, имеющих прерывистое строение; периодические движения в магнитном поле Земли электрически заряженных частиц (возможность таких движений в свое время была рассчитана Штермером⁽⁹⁾). Возможно, что некоторые из таких колебаний могут вызываться микросейсмами, а также колебаниями сжатия и расширения в твердой оболочке Земли.

На подземной станции часто наблюдаются микровариации, зависящие от промышленных причин, которые в ряде случаев отличны от вариаций, явно вызываемых геофизическими причинами.

При одновременной записи изменения вертикальной составляющей напряженности магнитного поля и градиента потенциала земных токов наблюдается смещение изменения градиента потенциала земных токов по отношению к магнитному полю по фазе на $\pi/4 - \pi/2$. Но в ряде случаев имеет место синфазное изменение магнитного поля и земных токов, что, очевидно, определяется общей причиной, модулирующей эти величины.

В отношении периодических микровариаций мы обнаружили, повидимому, только низкочастотную часть всего спектра колебаний, которые имеют место в магнитном поле Земли. В дальнейшем необходимо расширить систематические наблюдения всего спектра колебаний геомагнитного поля, сопоставляя их с колебаниями электрического и сейсмического поля Земли.

Геофизический институт
Академии наук СССР

Поступило
21 III 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ V. van Bemmel en, Amsterdam Proc. K. Akad. Wet., 202 (1899). ² V. van Bemmel en, Batavia Obsns Mag. Met., 29 (1906). ³ H. Ebert, Terrestr. Mag., 12, 1, 14 (1907). ⁴ L. Harang, *ibid.*, 37, 57 (1932); 40, 1, 17 (1939). ⁵ B. Rolf, *ibid.*, 36, 9 (1931). ⁶ А. Г. Калашников, Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., 2, 137 (1948). ⁷ А. Г. Калашников, Флюксметр, изд. АН СССР, 1949. ⁸ А. Г. Калашников, ДАН, 66, № 3 (1949). ⁹ O. Störmer, Terrestr. Mag., 36, 133 (1931).