

Б. Шард Е. Г., Магнитные материалы и элементы, 3 изд., М., 1986; Февралева П. Е., Магнитотвердые материалы и постоянные магниты, К., 1969; Постоянные магниты. Справочник, М., 1971; Luborsky F. E., Livingston J. D., Chin G. X., Magnetic properties of metals and alloys, Ch. 26, в кн.: Physical metallurgy, pt 2, ed. by R. W. Cahn, P. Haasen, Amst.—la. o. l., 1983, p. 1673; Mizoguchi T., Sakai I., Inomata K., Nd—Fe—B—Co—Al based permanent magnets with improved magnetic properties and temperature characteristics, «Appl. Phys. Lett.», 1986, v. 48, p. 1309. А. С. Ермоленко.

МАГНИТНЫЕ АНОМАЛИИ — отклонения в распределении магн. поля на поверхности Земли от поля диполя. М. а. подразделяются на м и р о в ы е, имеющие характерный размер $\sim 10^4$ см и макс. величину до 10^{-5} Тл, и местные М. а., связанные с намагниченностью горных пород и имеющие величину $\sim 10^{-7}$ Тл. Подробнее см. *Земной магнетизм*.

МАГНИТНЫЕ БУРИ — особый тип магнитных вариаций магн. поля Земли, связанных с нерегулярными процессами в *солнечном ветре* и на Солнце. Подробнее см. в ст. *Магнитные вариации*.

МАГНИТНЫЕ ВАРИАЦИИ — изменения во времени геомагн. поля, обусловленные существованием как внутренних, так и внешних по отношению к поверхности Земли источников магн. поля. М. в. с характерными временами от 10 до ~ 10 тыс. лет, обусловленные

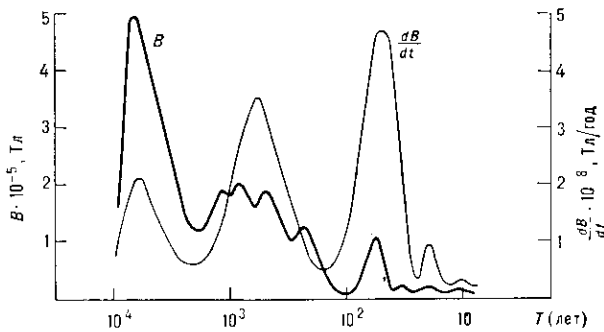


Рис. 1. Схематическое изображение спектра вековых вариаций и скорости годовых изменений геомагнитного поля.

процессами в жидком ядре Земли и тесно связанные с механизмом генерации магн. поля Земли (МПЗ), наз. вековыми. М. в. с периодами от секунды до неск. лет обусловлены электрич. токами в *ионосфере* и *магнитосфере Земли*, к-рые тесно связаны с солнечной активностью, а интенсивность и форма этих М. в. зависят от широты, времени года и суток, параметров солнечного ветра. Обычно их делят на спокойные (солнечно-суточные), возмущённые вариации и короткопериодные колебания (КПК).

Вековые вариации (ВВ) возникают вследствие движения вещества и волновых процессов в жидком электропроводящем ядре Земли и служат осн. источником информации об электропроводности нижней мантии и ядра, о физ. процессах, приводящих к конвекции вещества, и о механизме генерации магн. поля Земли. На рис. 1 схематически представлен временной спектр вековых магн. вариаций. Амплитуда ВВ достигает 10^{-5} Тл, а макс. характерные времена $\sim 10^4$ лет соответствуют изменению дипольного момента и имеют, т. о., глобальное распространение. Более короткие периоды связаны с изменением геомагн. поля меньших масштабов. Характерные размеры L вариаций, отнесённые к поверхности ядра, и связанные с ними соотношением $T=L^2/D$ характерные времена T приведены в таблице (D —коэф. магн. диффузии).

Характерные параметры вековых магнитных вариаций

T , лет	L , км	$D=L^2/T$
7000	$6 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$
600	$2 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$
60	$0,6 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$

менению дипольного момента и имеют, т. о., глобальное распространение. Более короткие периоды связаны с изменением геомагн. поля меньших масштабов. Характерные размеры L вариаций, отнесённые к поверхности ядра, и связанные с ними соотношением $T=L^2/D$ характерные времена T приведены в таблице (D —коэф. магн. диффузии).

Для всех типов вековых магнитных вариаций магн. число Рейнольдса $R_m = vL/D \gg 1$, где v — характерная скорость движения вещества в жидком ядре Земли, приводящего к данному типу ВВ. Конвективная природа генерирующих МПЗ движений подтверждается наличием западного дрейфа, к-рый проявляется в наблюдаемом на поверхности Земли движении к западу структурных особенностей МПЗ в приэкваториальных широтах. На рис. 2 представлено распределение вертикальной составляющей геомагн. поля вдоль широтных кругов 50° с. ш. и экватора для эпох с 1500 по наше время с шагом 50 лет. Данные свидетельствуют, что особенности МПЗ в экваториальной области дрейфуют к западу со скоростью $\sim 0,2^\circ$ в год. Западный дрейф свидетельствует о перераспределении момента вращения при радиальном конвективном перемещении вещества в ядре. Условие вращаемости магн. поля ($R_m > 1$) приводит к вытягиванию магн. силовых линий полоидального МПЗ (H_p) и образованию сильного тороидального магн. поля $H_T \sim 100 H_p$. Т. о., вследствие вращения

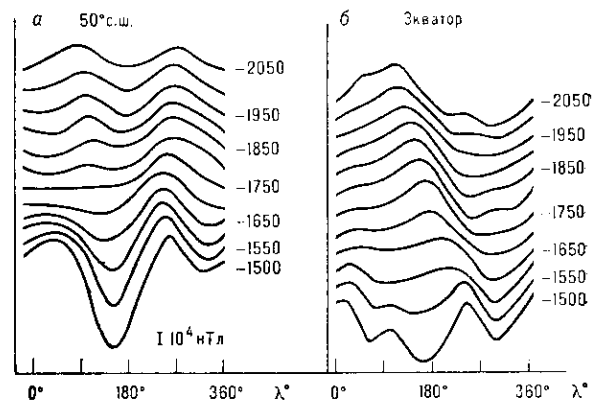


Рис. 2. Западный дрейф структурных особенностей вертикальной составляющей геомагнитного поля вблизи экватора (б) и отсутствие дрейфа в средних широтах (а).

Земли осн. структура конвективных движений близка к осесимметричной. Турбулентные движения нарушают осевую симметрию конвективных движений и снимают запрет на генерацию магн. поля (теорема Каулинга). Наличие иерархически упорядоченного спектра ВВ свидетельствует о турбулентном характере конвекции, к-рая приводит к значит. флуктуациям скорости вещества в поверхностных слоях ядра (см. также *Гидромагнитное динамо*). Поскольку высокая электропроводность нижней мантии обеспечивает наличие сильной эл.-магн. связи в системе мантия — ядро, изменение движений в последнем приводит к перераспределению момента вращения в этой системе, что проявляется в ВВ скорости суточного вращения Земли, определяемого по астрономич. данным. Хорошо известны ВВ скорости суточного вращения Земли с периодом ~ 60 лет и изменением длины суток до 2 миллисекунд. Вследствие турбулентного характера конвекции возникают и ВВ магн. поля с амплитудой $\sim 10^{-6}$ Тл и периодом $\sim 10^2$ лет.

В ВВ как МПЗ, так и скорости суточного вращения уверенно выделяется составляющая с периодом ~ 20 лет. Предполагают, что эта вариация вызывается распространением *альвеновских волн* вдоль полоидального поля в жидком ядре Земли. Если при скорости $v = H/\sqrt{4\pi\rho}$ в объёме ядра возникает стоячая волна длиной $2R_j$ (ρ — плотность вещества, R_j — радиус ядра Земли) и поперечные перемещения вещества направлены вдоль широтных кругов, то это приводит к крутильным колебаниям поверхностного слоя ядра, к-рые путём эл.-магн. взаимодействия передаются мантии и фик-