

ЗЕМНОЙ МАГНЕТИЗМ (геомагнетизм) — раздел геофизики, изучающий магнитное поле Земли (МПЗ), его распределение на земной поверхности, пространств. структуру (*магнитосферу Земли*, радиац. пояса), его взаимодействие с межпланетным магн. полем, вопросы его происхождения.

Магнитное поле Земли имеет постоянную составляющую — осн. поле (вклад его $\sim 99\%$) и переменную ($\sim 1\%$). Осн. МПЗ по форме близко к полю диполя, центр к-рого смещён относительно центра Земли, а ось наклонена к оси вращения Земли на $11,5^\circ$, так что геомагн. полюса отстоят от географич. на $11,5^\circ$, причём в северном полушарии находится южный магн. полюс (вектор магн. индукции направлен вниз). Величина магн. момента диполя в наст. время составляет $8,3 \cdot 10^{22}$ А·м². Ср. величина магн. индукции вблизи земной поверхности равна $\sim 5 \cdot 10^{-5}$ Тл. Напряжённость геомагн. поля убывает от магн. полюсов к магн. экватору от 55,7 до 33,4 А/м (от 0,70 до 0,42 Э). Отклонения от поля диполя, имеющие на поверхности Земли характерный размер $\sim 10^4$ км и величину в макс. до 10^{-5} Тл, образуют т. н. м и р о в ы е м а г н. а н о м а л и и (напр., Бразильская, Сибирская, Канадская). Осн. МПЗ испытывает лишь медленные изменения во времени (т. н. в е к о в ы е в а р и а ц и и, ВВ) с периодом от 10 до 10^4 лет, причём имеется чётко выраженный их полосовой характер 10—20, 60—100, 600—1200 и 8000 лет. Главный период — ок. 8000 лет — характеризуется изменением дипольного момента в 1,5—2 раза. В ходе ВВ мировые аномалии движутся, распадаются и возникают вновь. В низких географич. широтах хорошо выражен западный дрейф МПЗ со скоростью $\sim 0,2^\circ$ в год. В результате ВВ геомагн. полюс прецессирует относительно географич. с периодом ~ 1200 лет.

Сведения о распределении МПЗ и о ВВ получены из прямых измерений величины и направления МПЗ, к-рые начаты с 19 в., навигац. измерений магн. склонения (угла между направлением стрелки компаса и географич. меридианом в точке измерения) в 15—20 вв. и из археомагн. и палеомагн. данных. МПЗ измеряется с помощью *магнитометров* наземными стационарными магн. обсерваториями, а также проводятся магн. съёмки — морские, на самолётах, ракетах и ИСЗ. В совр. 3. м. выделились два новых направления — археомагнетизм и палеомагнетизм, к-рые дали возможность изучить ВВ и обнаружить переполюсовку МПЗ.

Археомагнетизм — раздел 3. м., изучающий величину и направление МПЗ, существовавшего в момент обжига керамики, кирпичей, черепиц, пода очатов и др. предметов человеческой деятельности, изготовленных из материалов, содержащих высококоэрцитивные ферриты, минералы на основе окислов железа. При остывании от темп-ры выше *Кюри точки* минералы приобретают незначительную, но весьма стабильную термоостаточную намагниченность. Вместе с данными о времени обжига (историч. сведения или радиоуглеродный метод) величина и направление этой намагниченности позволяют восстановить пространственно-временную структуру МПЗ за 8—10 тыс. лет.

Палеомагнетология — раздел 3. м., изучающий величину и направление древнего МПЗ по намагниченности осадочных горных пород, содержащих ферриты, минералы. Изучение палеомагн. методами показало, что МПЗ существовало, по крайней мере, 2,5 млрд. лет тому назад (возраст Земли $\approx 4,6$ млрд. лет) и имело величину, близкую к современной. Среднее за 10^4 — 10^5 лет положение геомагн. полюсов совпадает с географическими. Характеристики геомагн. поля сохраняются неизменными в течение 10^5 — 10^7 лет, потом МПЗ неожиданно уменьшается в 3—10 раз, и в этот относительно короткий (10^3 — 10^4 лет) переходный период может измениться знак магн. поля (инверсия). Через нек-рое время величина МПЗ снова достигает

нормального уровня и опять сохраняется достаточно долго (10^5 — 10^7 лет). При пониж. значении поля в переходный период может произойти одна, неск. (2—3) или ни одной инверсии. Моменты наступления переходных периодов распределены во времени случайно — вероятность их наступления описывается законом Пуассона. За последние ~ 30 млн. лет ср. время между инверсиями составляет ~ 150 000 лет; однако эта величина может меняться в значит. пределах: на протяжении последних 500 млн. лет она менялась на порядок с периодом ~ 200 млн. лет.

Палеомагн. измерения направления магн. поля на континентах позволили определить, на какой географич. широте располагался данный континент в момент образования изучаемой горной породы. Эти данные подтвердили гипотезу о дрейфе континентов.

Кроме мировых аномалий, в распределении геомагн. поля на поверхности наблюдаются местные аномалии, связанные с намагниченностью горных пород, слагающих земную кору. Почти все горные породы содержат нек-рое количество ферриты, минералов на основе окислов железа, к-рые намагничиваются в МПЗ и создают аномалии. Размеры этих аномалий лежат в пределах от единиц до сотен км, их величина в среднем для всей поверхности Земли составляет $2 \cdot 10^{-7}$ Тл, но в отд. исключит. случаях достигает 10^{-5} Тл (Курская магн. аномалия). Изучение аномалий магн. поля имеет важное значение для поисков полезных ископаемых и изучения глубинного строения земной коры до глубины 20—50 км (темпера более глубоких слоёв превышает точку Кюри всех ферритов, минералов).

Пространственная структура геомагнитного поля. МПЗ имеет пространств. распределение вокруг Земли, формируя совместно с *солнечным ветром* магнитосферу — многосвязную систему электр. и магн. полей и потоков заряж. частиц. Магнитосфера не симметрична относительно дневной и ночной стороны; магн. поле с дневной стороны сжато солнечным ветром до расстояния $\sim 10R_3$ (R_3 — радиус Земли) и имеет вытянутый «хвост» с ночной стороны на многие млн. км. Линии магн. поля в магнитосфере делятся на замкнутые ($\leq 3R_3$), близкие к линиям магн. диполя, и открытые, уходящие в хвост магнитосферы. Замкнутые линии магн. поля Земли являются *геомагнитной ловушкой* для заряж. частиц, образующих *радиационные пояса* Земли.

Электр. токи, протекающие в ионосфере и магнитосфере, создают перем. компоненту магн. поля Земли (ПКМП), не превышающую по величине 10^{-7} Тл. Она испытывает временные вариации (с периодом от неск. секунд до неск. дней), к-рые делятся на спокойные и возмущённые. Спокойные вариации связаны с суточным вращением Земли и её движением по орбите. Разогрев ионосферы и увеличение ионизации на дневной стороне приводят к возникновению устойчивых ионосферных ветров, т. е. движению электропроводящей среды в МПЗ. Генерируемые при этом движения электр. токи создают спокойные суточные вариации ПКМП, а их изменение в течение года — сезонные вариации. Возмущённые вариации связаны с нерегулярными процессами в магнитосфере, возникающими при обтекании МПЗ солнечным ветром. Нерегулярности солнечного ветра, создаваемые активными процессами на Солнце, приводят к резким и значит. перестройкам магнитосферы, что на поверхности Земли проявляется в виде разл. вариаций ПКМП — пульсаций, бухт, магн. бурь и т. л. Величина и характер *магнитных вариаций* зависят как от характеристик солнечного ветра (скорости и плотности частиц, направления вмерженного межпланетного магн. поля — ММП), так и от магнитогидродинамич. процессов, происходящих в разл. структурных особенностях магнитосферы. Во время магн. бурь ПКМП может изменяться до 10^{-6} Тл,