

увеличения токов на магнитопаузе, но слабо возмущено. Главная фаза магн. бури с продолжительностью от 3 до 20 ч начинается тогда, когда плазменное облако от Солнца достигнет магнитосферы. Эта фаза характеризуется последовательностью взрывообразных процессов, наз. с у б б у р я м и, связанных с вводом в магнитосферу потока энергии и плазмы из межпланетной среды. Из падающего на магнитосферу потока энергии $\sim 10^{13}$ Вт внутрь магнитосферы передается 1—5%. Часть энергии поступает непосредственно при взаимодействии солнечного ветра с магн. полем Земли, что приводит к сжатию магнитосферы в подсолнечной точке; часть энергии вместе с веществом проникает внутрь магнитосферы через нейтральные точки, но б. ч. энергии поступает в результате вязкого трения на магнитопаузе и *пересоединения* силовых линий межпланетного и геомагн. полей, что приводит к накоплению магн. энергии в хвосте магнитосферы. Эффективность последнего вида передачи энергии максимальна в периоды с южным направлением ММП, т. е. когда направления МПЗ и ММП антипараллельны. Поток поступающей энергии обычно оценивается как $\epsilon = H^2 v \sin^4(0/2) l_0^2$, где H — напряжённость ММП, v —

центрия. расстояния 3÷7 радиусов Земли, образуя кольцевой ток. Его магн. эффект на поверхности Земли проявляется в виде уменьшения интенсивности геомагн. поля до 600 нТл на экваториальных широтах. Фаза восстановления продолжительностью от 1 до 5 суток характеризуется возвращением магн. поля к невозмущённому значению из-за затухания кольцевого тока в результате диссипации энергичных ионов, сталкивающихся с нейтральными атомами водорода в геокороне.

Многие суббури связаны с изменением северного направления ММП на южное, приводящим к плавному усилению западной авроральной электроструи с вариацией магн. поля до 10^2 нТл (предварит. фаза, или фаза зарождения суббури) длительностью от 5 до 60 мин. Затем она сменяется импульсным усилением и расширением в широтном направлении авроральной электроструи (фаза развития суббури). Иррегулярные вариации могут достигать неск. тыс. нТл, продолжительность фазы развития ~ 30 мин. Затем поле восстанавливается до исходного уровня (фаза восстановления суббури) в течение 1—2 ч. Такие циклы могут повторяться неоднократно в течение магн. бури, накладываясь часто друг на друга. В период суббури в верхней атмосфере выделяется энергия $\sim 10^{12}$ Вт, как поступающая из солнечного ветра, так и предварительно запасённая в виде магн. энергии в хвосте магнитосферы. Для описания геомагн. возмущений используются международные планетарные индексы, характеризующие разл. составляющие вариаций геомагн. поля или состояние магн. поля. К ним относятся индексы авроральных электроструй (AU, AL, AE), кольцевого тока и токов на магнитопаузе (D_{st}), меры планетарной геомагн. активности (K_p, aa, a_p, A_p). Эти индексы применяются не только в геомагнетизме, но и в др. разделах солнечно-земной физики.

Короткопериодные колебания — микропульсации МПЗ с периодами от 0,2 до 500 с и амплитудами от 0,1 до 50 нТл. Они существуют как в спокойные, так и в возмущённые периоды. КПК есть следствие разл. типов ультранизкочастотных эл.-магн. волн, генерирующихся в магнитосфере, ионосфере или проникающих в магнитосферу из солнечного ветра. Периоды продолжительных достаточно гармонических колебаний (P_c) определяются как параметрами межпланетной среды, так и резонансными свойствами магнитосферы, иррегулярные пульсации (P_i) являются характерным признаком начала суббури.

Изучение М. в. разных типов на поверхности Земли позволяет исследовать процессы генерации МПЗ, параметры вещества в её глубоких недрах, проводить диагностику параметров солнечного ветра, состояния эл.-магн. поля в магнитосфере. М. в. могут служить для оценки радиац. безопасности в ближайшем космосе. Оказалось, что потоки энергии проникающей радиации тесно связаны с изменениями магн. поля на поверхности Земли. Отдельные типы КПК воздействуют на биол. системы, в т. ч. и на человеческий организм.

Лит.: Акасофу С. И., Чепмен С., Солнечно-земная физика, пер. с англ., ч. 1—2, М., 1974—75; Яновский В. М., Земной магнетизм, Л., 1978.

В. И. Головкин, Я. И. Фельдштейн.
МАГНИТНЫЕ ДИЭЛЕКТРИКИ — магнитоупорядоченные вещества (ферро-, ферри- и антиферромагнетики), обладающие очень низкой электропроводностью. Представителями их являются некие ферриты со структурой шпинели: $MgFe_2O_4$, $Mn_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$, $NiFe_2O_4$ и др., имеющие при комнатной темп-ре ($T = 300$ К) уд. электропроводность $\sigma_{300} \sim 10^{-2} - 10^{-5} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Монокристаллы этих ферритов обладают меньшими значениями σ_{300} . Ещё меньшей проводимостью обладают ферриты со структурой *граната*; напр., кристалл $Y_3Fe_5O_{12}$ имеет $\sigma_{300} \sim 10^{-12} - 10^{-14} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Антиферромагн. соединения MnO , NiO , CoO имеют $\sigma \sim 10^{-10} - 10^{-12} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Электропроводность практически полностью отсутствует у

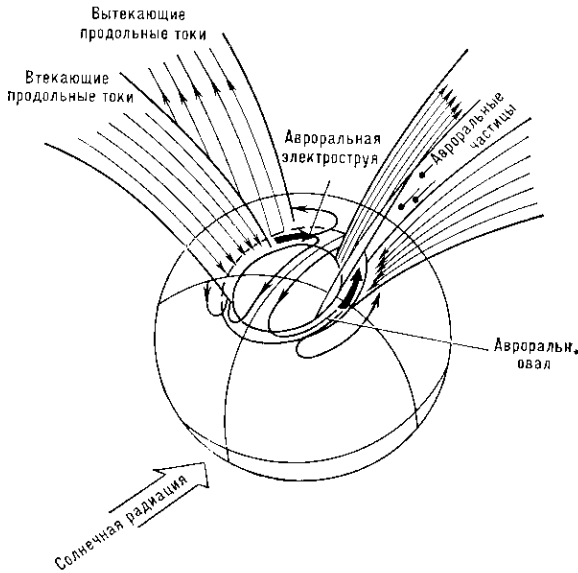


Рис. 5. Системы продольных ионосферных токов в высоких широтах, ответственные за умеренные магнитные возмущения. Токи полярных электроструй замыкаются через ионосферу полярной шапки и приполярных широт.

скорость солнечного ветра, θ — угол между ММП и направлением на зенит, l_0 — масштабный фактор.

Во время суббури в магнитосфере генерируются продольные токи суммарной интенсивностью $(1-2) \cdot 10^6$ А, текущие вдоль магн. силовых линий и связывающие хвост магнитосферы с авроральной зоной ионосферы (рис. 5). Продольные токи замыкаются в ионосфере, образуя вдоль овала полярных сияний интенсивные авроральные электроструи (западную и восточную). Токи электроструй растекаются по ионосфере в приполюсную область и в субавроральные и даже средние широты. Вариации магн. поля на поверхности Земли от таких токов в средних широтах имеют вид бухт (отрезка изрезанной береговой линии) продолжительностью 1—2 ч (продолжительность суббури) и интенсивностью 30—300 нТл в максимуме. Иррегулярные магн. возмущения на поверхности Земли имеют амплитуду от $5 \cdot 10^2$ до $3 \cdot 10^3$ нТл. Разогретая плазма солнечного ветра, а также ускоренные ионосферные ионы (с основным 0^+) с энергиями от 10 до 500 кэВ инжектируются в область замкнутых магн. силовых линий на гео-