

зуются разл. слои ионизации и свечения. Почти на границе с ниж. атмосферой на высоте ок. 15 км находится максимум скорости образования ионов под действием самых высокоэнергичных частиц — галактич. космич. лучей и продуктов ядерных реакций при их взаимодействии с атмосферой (максимум Пфотце-ра). На этих высотах возникает слой ионизации с концентрацией ионов $6 \cdot 10^9 \text{ см}^{-3}$. Скорость ионообразования q на высоких широтах больше, чем на средних и экваториальных, и возрастает при переходе от максимума к минимуму солнечного цикла в соответствии с изменением интенсивности космич. лучей. К высотам 50—70 км эта величина q уменьшается на 3—4 порядка, но всё ещё остаётся выше, чем скорость ионообразования под действием др. источников ионизации.

Свечение атмосферы на высотах ок. 100 км подразделяют на ночное, сумеречное и дневное. Оно состоит из непрерывного спектра и линий (эмиссий) атомов и молекул и наблюдается от УФ- до ИК-области спектра. Для ночного свечения наиб. интенсивны в видимой области спектра линии атомного кислорода — зелёная (5577 Å) и красные (6300—6364 Å), а также D — линия натрия (5893 Å). В ближней ИК-области спектра весьма интенсивна группа вращательно-колебат. полос гидроксидов. Большинство эмиссий образуются на высотах ок. 100 км и видны с космич. корабля как единый светящийся слой. На высотах ок. 250 км на низких широтах наблюдаются также свечение второго, более слабого слоя. Процессы, вызывающие свечение атмосферы ночью, связаны с образованием возбуждённых атомов и молекул в результате хим. реакций. Обычно возбуждённые частицы А. в. образуются в результате процессов ионизации, диссоциации, в ионно-молекулярных реакциях и при столкновениях с др. возбуждёнными частицами. В дневное и сумеречное время нек-рые эмиссии излучаются более интенсивно, чем ночью. Это свечение обусловлено флуоресценцией под действием солнечного излучения. Данные о свечении атмосферы используются для исследования элементарных процессов в А. в.

Область А. в., расположенная на высотах от ~50 до неск. тысяч км, обладающая высокой концентрацией электронов и приводящая к рефракции радиоволн, наз. *ионосферой*. В зависимости от изменения осн. свойств её подразделяют на неск. слоёв, ионизация в к-рых в дневное время производится разл. участками спектра солнечного излучения: область D (70—90 км) — рентгеновским и линией лайман-альфа водорода, область E (90—130 км) — линиями C III 977 Å и лайман-бета водорода, область F (выше 130 км) — осн. частью излучения 10—950 Å.

В А. в. наблюдаются энергичные электроны разл. происхождения, напр. фотоэлектроны или электроны радиац. поясов. Концентрация энергичных электронов иногда на много порядков выше равновесной, соответствующей максвелловскому распределению по скоростям со ср. электронной темп-рой, что говорит о неравновесности ионосферной плазмы. Однако отклонения от максвелловского распределения начинаются при энергиях в несколько эВ, т. е. в далёком хвосте распределения.

Фотоэлектроны с энергией 1—500 эВ днём на высотах более 200 км, как показали ракетные измерения, образуют интегральный поток до 10^9 — $10^{10} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, захваченный в магн. силовых трубках. Фотоэлектроны образуются в процессе фотоионизации солнечным излучением, унося с собой энергию, равную избытку энергии фотона над потенциалом ионизации атома или молекулы. Поэтому в спектре фотоэлектронов наблюдаются пики, соответствующие наиб. ярким линиям в спектре КВ-излучения Солнца. Фотоэлектроны служат источником образования возбуждённых атомов и молекул в А. в., а при столкновении с тепловыми электронами они передают им часть энергии, благодаря чему электронная темп-ра А. в. существенно выше нейтральной. При

высыпании в А. в. высокоэнергичных частиц образуются также потоки вторичных электронов.

На высотах более 10—20 тыс. км геомагн. поле удерживает захваченные им высокоэнергичные протоны (0,1—100 МэВ) и электроны (1—1000 кэВ), образуя два радиац. пояса. Источником таких частиц для внутр. радиац. пояса являются, вероятно, распадающиеся нейтроны, к-рые возникают в ядерных реакциях на высотах 20—25 км при бомбардировке А. в. космич. лучами. Вне области поясов захваченных частиц магн. силовые трубки проектируются в т. п. зоны аврорального овала, расположенные вокруг обоих геомагн. поясов на широтах 68—75°. В этих зонах происходит высыпание частиц высоких энергий, к-рые вызывают полярные сияния.

Радиоизлучение ионосферы и магнитосферы. На поверхности Земли наблюдают разнообразные эл.-магн. НЧ-сигналы естеств. происхождения. Источником нек-рых из них служат электр. разряды в тропосфере — *атмосферика*. «Свистящие атмосферерики» (или вистелеры) звуковой частоты, способные распространяться вдоль силовых линий геомагн. поля, были использованы для первых оценок концентрации электронов n_e во внешних частях магнитосферы на расстоянии 3—4 радиусов Земли; оказалось, $n_e = 10^2$ — 10^3 см^{-3} . На ИСЗ были подтверждены эти оценки и найдено, что далее 4—5 радиусов Земли (плазмосауза) величина n_e скачком уменьшается примерно в 100 раз — т. н. эффект колена.

В диапазоне низких частот 1—10 кГц обнаружено радиоизлучение ионосферного происхождения. По своему характеру оно разделяется на неск. типов: «шипение» — теплового характера, дискретное с определ. тоном (типа «щелбания птиц», «львиного рёва» и др.) и смесь дискретных излучений, т. п. хоры. Излучение локализовано в области диам. 200—1000 км, т. к. распространяется вдоль узкого пучка магн. силовых линий. Источником радиоизлучения могут быть возмущения ионосферной плазмы, вызванные вторжением заряж. частиц.

С помощью удалённых ИСЗ обнаружено т. п. километровое радиоизлучение магнитосферы, всплески к-рого возникают в периоды локального усиления потоков высокоэнергичных электронов. Излучение концентрируется вокруг зоны полярных сияний.

Геомагнитные вариации. Выше 130—150 км плотность энергии геомагн. поля выше плотности энергии плазмы, к-рая оказывается замороженной в магн. поле. Ниже 70—80 км движения ионов и электронов определяются взаимодействиями при столкновениях с нейтральным газом. В промежуточной области высот 80—130 км ионы движутся совместно с нейтральным газом, электроны уже привязаны к магн. силовым линиям и их движение может значительно отличаться от движения ионов, что является причиной возникновения здесь слоя электр. тока. Такие токи, вызываемые циркуляцией атмосферы, наз. *диамом-токами*; с ними связаны регулярные суточные вариации напряжённости геомагн. поля, составляющие несколько десятков гамм.

Кроме медленных наблюдаются сравнительно кратковременные флуктуации и пульсации геомагн. поля с периодами колебаний от долей секунды до неск. минут. Они классифицированы на неск. типов, среди к-рых имеются микро- и «гигантские пульсации», короткопериодические и «жемчужины» (колебания с периодом 0,2—5 с, с регулярными вариациями амплитуды, длящиеся иногда часами). Возникновение кратковременных колебаний геомагн. поля выяснено не до конца, его связывают с гидромагн. колебаниями магнитосферы.

Др. источником геомагн. вариаций являются изменения на границе магнитосферы, обусловленные вариациями солнечного ветра. В обычных условиях они составляют десятки гамм. Но после солнечных вспышек и др. возмущений солнечного ветра вариации магн. поля на поверхности Земли могут достигать сотен гамм —