

5.2. Радиационный баланс

Нагретое тело испускает тепловые лучи. В результате этого оно отдает тепло, а само остывает. Чем выше температура земной поверхности и чем ниже температура воздуха, тем больше **тепловое излучение Земли** и тем быстрее остывает ее поверхность. Особенно интенсивный тепловой поток поднимается с поверхности земли ясными летними ночами.

Если же погода облачная, воздух теплый и содержит много водяного пара, то происходит значительное **встречное излучение атмосферы**. При определенных погодных условиях – например, если над замерзшей поверхностью земли движется теплая и влажная масса морского воздуха, – встречное излучение атмосферы больше, чем тепловое излучение Земли, вследствие чего воздух нагревает землю.

Эффективным излучением называется разница между тепловым излучением Земли и встречным излучением атмосферы. Обычно оно является положительным, то есть поверхность земли отдает тепла больше, чем получает из атмосферы. Чем яснее погода и чище воздух, тем сильнее эффективное излучение. В приме-

ре из предыдущего абзаца эффективное излучение является отрицательным. Величина эффективного излучения показывает, насколько остывает поверхность земли и сколько тепловой энергии уходит в космос.

Радиационный баланс – это разница между потоками излучения, поглощаемыми и излучаемыми поверхностью земли.

$$R = Q(1 - A) - E,$$

где R – радиационный баланс,

Q – суммарная радиация,

A – альбеда

E – эффективное излучение

Положительный радиационный баланс означает, что земная поверхность получает от Солнца больше радиационной энергии, чем отдает в виде теплового излучения. Вследствие этого поверхность земли нагревается и тепло передается дальше, в глубь почвы. В случае отрицательного радиационного баланса поверхность земли отдает тепла больше, чем получает, и вследствие этого остывает. Такая ситуация возникает ночью, когда солнечная радиация не достигает поверхности. В Эстонии го-

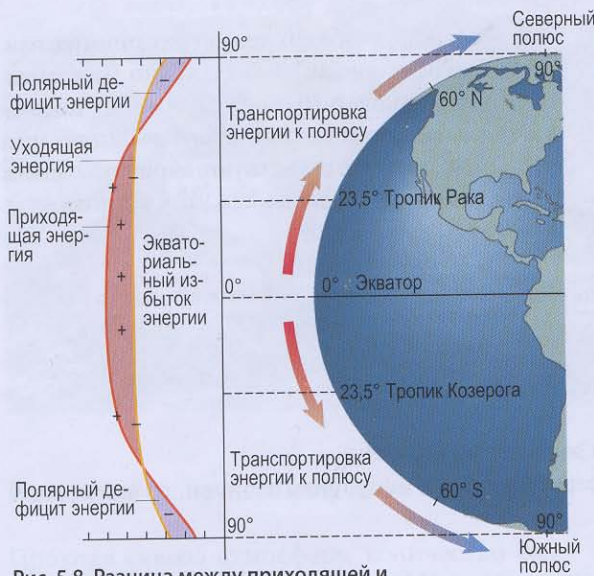


Рис. 5.8. Разница между приходящей и уходящей радиационной энергией.

довой радиационный баланс положительный. Отрицательным он бывает лишь в зимнее время, особенно тогда, когда поверхность земли покрыта снегом.

В целом радиационный баланс земного шара уравновешен. Это означает, что количество получаемой и отдаваемой радиации одинаково. Но различия между климатическими поясами велики. Если в жарком поясе преобладает нагревание, то в полярных областях происходит сильное остывание.

Если бы радиационный баланс был постоянно положительным, то накопление тепла

привело бы в конце концов к расплавлению и сторанию Земли. В случае же постоянного отрицательного баланса Земля остывала бы вплоть до полного оледенения.

В последние десятилетия отмечается нарушение радиационного баланса планеты вследствие усиления парникового эффекта. Это усиление обусловлено резким возрастанием в атмосфере концентрации углекислого газа, связанным со сжиганием людьми ископаемого топлива. Вследствие этого атмосфера стала поглощать больше теплового излучения Земли, не давая ему уходить в мировое пространство. Иными словами, эффективное излучение уменьшилось. Таким образом, нынешнее потепление климата обусловлено не увеличением притока радиации, а ослаблением уходящего радиационного потока, охлаждающего поверхность земли и атмосферу (рис. 5.8).

Озоновые дыры

Озон содержится во всех слоях атмосферы, но преимущественно – в стратосфере. **Озоновыми дырами** называются участки значительного разрежения озонового слоя в стратосфере. Но это не означает полного отсутствия озона, так как тогда ультрафиолетовое излучение погубило бы все живое на Земле. Озоновые дыры сезонно появляются в полярных широтах, особенно над Антарктикой (рис. 5.9). Впервые наличие озоновой дыры было установлено в 1985 году, хотя предупреждения об их возникновении звучали уже в 1970-х годах. Тогда эти предупреждения большей частью игнорировались.

Колебания концентрации озона в стратосфере определяются сложными фотохимическими процессами и циркуляцией воздуха. Появление озоновых дыр носит сезонный характер. Наибольшую опасность ультрафиолетовое излучение представляет весной, когда в воздухе содержится меньше озона, а интенсивность солнечного излучения велика, организм же человека после зимы еще не имеет защиты от

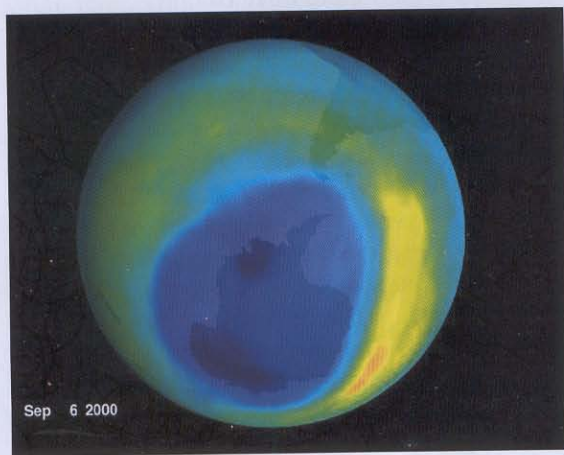


Рис. 5.9. Изображение самой большой озоновой дыры над Антарктикой 6 сентября 2000 года (НАСА). Большое синее пятно охватывает площадь в 28,3 млн. км² (слева).



Рис. 5.10. В январе 2002 года в Великобритании насчитывалось примерно 3 миллиона старых холодильников, из которых, согласно принятой в том же месяце директиве Евросоюза, нужно еще до утилизации удалить фреон, способствующий возникновению озоновых дыр.

ультрафиолетовых волн.

Ученые установили, что основными разрушителями озонового слоя являются фреоны, которые содержатся в холодильниках, в кондиционерах и в бытовых аэрозолях. В связи с этим мировое сообщество приняло меры по ограничению производства фреонов. Более того, на основании т.н. Монреальского протокола многие страны обязались к определенному сроку прекратить их производство вообще.

Похоже, что самые серьезные опасности, связанные с озоновыми дырами, угрожавшие человечеству в первой половине 1990-х годов,

уже позади. После ограничения выброса фреонов в атмосферу уменьшились и озоновые дыры. Естественное состояние озонового слоя восстанавливается, и есть надежда, что в будущем повышенное ультрафиолетовое излучение нам не грозит (рис. 5.10).

Парниковый эффект

Мы знаем, что в парнике температура обычно значительно выше температуры на открытом воздухе. Коротковолновое солнечное излучение, проникающее в парник сквозь стекло или пленку, достигает поверхности почвы и сильно нагревает ее. Но длинноволновое тепловое излучение земли стекло или пленка не пропускают (рис. 5.11).

С воздушной оболочкой Земли происходит то же самое. Коротковолновое солнечное излучение проходит сквозь атмосферу, тогда как выход длинных тепловых волн в космос затруднен. Они поглощаются воздухом, вызывая потепление атмосферы. Основным поглотителем теплового излучения является водяной пар, кроме того, углекислый газ CO_2 , метан CH_4 , веселящий газ N_2O , озон O_3 (у земной поверхности) и прочие газы, а также аэрозоли. Всего в атмосфере более 40 таких газов, носящих общее название **парниковые газы**.

Парниковый эффект – это природный процесс, который в той или иной степени проявлялся в атмосфере всегда. В геологические периоды, когда содержание CO_2 было выше, на Земле царил теплый климат, если же оно было низким, то преобладал холодный климат с оледенением материков и гор. В последние десятилетия, вследствие деятельности человека, в атмосфере увеличилось количество метана, углекислого и веселящего газов. Это изменение состава воздуха считается причиной потепления климата.



Рис. 5.11. Парниковый эффект. Без парникового эффекта средняя температура Земли в приземном воздушном слое составляла бы -18°C вместо теперешних $+15^\circ\text{C}$.

Вопросы и задания

1. Объясните сущность радиационного баланса.
2. В каком случае радиационный баланс является положительным, а в каком отрицательным?
3. Как попадают в воздух вещества, разрушающие озоновый слой?
4. Объясните с помощью схемы природу парникового эффекта.