|  |  |
| --- | --- |
| **ЛЕКЦИЯ . Солнечная радиация**     |  | | --- | |  |   **Общая характеристика солнечной радиации**  **1. Прямая солнечная радиация**   1. **Рассеянная солнечная радиация** 2. **Суммарная солнечная радиация** 3. **Поглощение солнечной радиации в атмосфере** 4. **Видимость, закон ослабления радиации, фактор мутности.** 5. **Географические закономерности распределения прямой и рассеянной радиации** 6. **Отражение солнечной радиации. Альбедо Земли.** 7. **Радиационный баланс земной поверхности**   Лучистая энергия Солнца, или солнечная радиация, является основным источником тепла для поверхности Земли и для ее атмосферы. Радиация, поступающая от звезд и Луны, ничтожно мала по сравнению с солнечной радиацией и существенного вклада в тепловые процессы на Земле не вносит. Так же ничтожно мал поток тепла, направленный к поверхности из глубин планеты. Солнечная радиация распространяется по всем направлениям от источника (Солнца) в виде электромагнитных волн со скоростью, близкой к 300 000 км/сек. В метеорологии рассматривают преимущественно тепловую радиацию, определяемую температурой тела и его излучательной способностью. Тепловая радиация имеет длины волн от сотен микрометров до тысячных долей микрометра. Рентгеновское излучение и гамма-излучение в метеорологии не рассматриваются, так как в нижние слои атмосферы они практически не поступают. Тепловую радиацию принято подразделять на коротковолновую и длинноволновую. Коротковолновой радиацией называют радиацию в диапазоне длин волн от 0,1до 4 мкм, длинноволновой - от 4 до 100 мкм. Солнечная радиация, поступающая к поверхности Земли, на 99% является коротковолновой. Коротковолновую радиацию подразделяют на ультрафиолетовую (УФ), с длинами волн от 0,1 до 0,39 мкм; видимый свет (ВС) - 0,4 - 0,76 мкм; инфракрасную (ИК) - 0,76 - 4 мкм. ВС и ИК радиация дают наибольшую энергию: на ВС приходится 47% лучистой энергии, на ИК - 44%, а на УФ - только 9% лучистой энергии. Такое распределение тепловой радиации соответствует распределению энергии в спектре абсолютно черного тела с температурой в 6000К. Эту температуру считают условно близкой к фактической температуре на поверхности Солнца (в фотосфере, являющейся источником лучистой энергии Солнца). Максимум лучистой энергии при такой температуре излучателя, согласно закону Вина l= 0,2898/Т (см\*град). (1) приходится на сине-голубые лучи с длинами около 0,475 мкм (l.- длина волны, Т - абсолютная температура излучателя). Общее количество излучаемой тепловой энергии пропорционально, согласно закону Стефана-Больцмана, четвертой степени абсолютной температуры излучателя: Е = sТ 4 (2) где s = 5,7\*10-8 Вт/м 2 \*К 4 (постоянная Стефана-Больцмана). Количественной мерой солнечной радиации, поступающей на поверхность, служит энергетическая освещенность, или плотность потока радиации. Энергетическая освещенность - это количество лучистой энергии, поступающей на единицу площади в единицу времени. Она измеряется в Вт/м 2 (или кВт/м 2 ). Это означает, что на 1 м 2 в секунду поступает 1 Дж (или 1 кДж) лучистой энергии. Энергетическую освещенность солнечной радиации, падающей на площадку единичной площади, перпендикулярную солнечным лучам в единицу времени на верхней границе атмосферы при среднем расстоянии от Земли до Солнца называют солнечной постоянной Sо. При этом под верхней границей атмосферы понимают условие отсутствия воздействия атмосферы на солнечную радиацию. Поэтому величина солнечной постоянной определяется только излучательной способностью Солнца и расстоянием между Землей и Солнцем. Современными исследованиями с помощью спутников и ракет установлено значение Sо, равное 1367 Вт/м 2 с ошибкой ±0,3%, среднее расстояние между Землей и Солнцем в этом случае определено как 149,6\*106 км. Если учитывать изменения солнечной постоянной в связи с изменением расстояния между Землей и Солнцем, то при среднегодовом значении 1,37 кВт/м 2 , в январе она будет равна 1,41 кВт/м 2 , а в июне - 1,34 кВт/м 2 , следовательно, северное полушарие за летний день получает на границе атмосферы несколько меньше радиации, чем Южное полушарие за свой летний день. В связи с постоянным изменением солнечной активности солнечная постоянная, возможно, испытывает колебания из года в год. Но эти колебания, если они и существуют, настолько малы, что лежат в пределах точности измерений современных приборов. Но за время существования Земли солнечная постоянная, вероятнее всего, меняла свое значение. Зная солнечную постоянную, можно рассчитать количество солнечной энергии, поступающей на освещенное полушарие на верхней границе атмосферы. Оно равно произведению солнечной постоянной на площадь большого круга Земли. При среднем радиусе земли, равном 6371 км, площадь большого круга составляет p\*(6371)2 = 1,275\*1014 м 2 , а приходящая на нее лучистая энергия - 1,743\*1017 Вт. За год это составит 5,49\*1024 Дж. Приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность на верхней границе атмосферы называют солярным климатом. Формирование солярного климата определяется двумя факторами - продолжительностью солнечного сияния и высотой Солнца. Количество радиации, приходящейся на границе атмосферы на единицу площади горизонтальной поверхности пропорционально синусу высоты Солнца, которая меняется не только в течение дня, но и зависит от времени года. Как известно, высота Солнца для дней солнцестояния определяется по формуле 900 - (j±23,50 ), для дней равноденствия - 900 -j, где j - широта места. Таким образом, высота Солнца на экваторе меняется в течение года от 90° до 66,50° , в тропиках - от 90 до 43° , на полярных кругах - от 47 до 0° и на полюсах - от 23,5° до 0° . В соответствии с таким изменением высоты Солнца зимой в каждом полушарии приток солнечной радиации на горизонтальную площадку быстро убывает от экватора к полюсам. Летом картина более сложная: в середине лета максимальные значения приходятся не на экватор, а на полюса, где продолжительность дня составляет 24 часа. В годовом ходе во внетропической зоне наблюдается один максимум (летнее солнцестояние) и один минимум (зимнее солнцестояние). В тропической зоне приток радиации достигает максимума два раза в год (дни равноденствия). Годовые количества солнечной радиации меняются от 133\*102 МДж/м 2 (экватор) до 56\*102 МДж/м 2 (полюса). Амплитуда годового хода на экваторе небольшая, во внетропической зоне - значительная.  2 **Прямая солнечная радиация** Прямой солнечной радиацией называют радиацию, приходящую к земной поверхности непосредственно от солнечного диска. Несмотря на то, что солнечная радиация распространяется от Солнца по всем направлениям, к Земле она приходит в виде пучка параллельных лучей, исходящих как бы из бесконечности. Приток прямой солнечной радиации на земную поверхность или на любой уровень в атмосфере характеризуется энергетической освещенностью - количеством лучистой энергии, поступающей за единицу времени на единицу площади. Максимальный приток прямой солнечной радиации будет поступать на площадку, перпендикулярную солнечным лучам. Во всех остальных случаях энергетическая освещенность будет определяться высотой Солнца, или синусом угла, который образует солнечный луч с поверхностью площадки S’=S sin hc (3) В общем случае S (энергетическая освещенность площадки единичной площади, перпендикулярной солнечным лучам) равно So. Поток прямой солнечной радиации, приходящийся на горизонтальную площадку, называется инсоляцией.  3. **Рассеянная солнечная радиация** Проходя через атмосферу, прямая солнечная радиация испытывает рассеяние молекулами атмосферных газов и аэрозольных примесей. При рассеянии частица, находящаяся на пути распространения электромагнитной волны, непрерывно поглощает энергию и переизлучает ее по всем направлениям. В результате поток параллельных солнечных лучей, идущих в определенном направлении, переизлучается по всем направлениям. Рассеяние происходит на всех длинах волн электромагнитного излучения, но его интенсивность определяется соотношением размера рассеивающих частиц и длин волн падающего излучения. В абсолютно чистой атмосфере, где рассеяние производится только молекулами газов, размеры которых меньше длин волн излучения, оно подчиняется закону Рэлея, который гласит, что спектральная плотность энергетической освещенности рассеянной радиации обратно пропорциональна четвертой степени длины волны рассеиваемых лучей Dl=a Sl /l 4 (4) где Sl - спектральная плотность энергетической освещенности прямой радиации с длиной волны l, Dl - спектральная плотность энергетической освещенности рассеянной радиации с той же длиной волны, а - коэффициент пропорциональности. В соответствии с законом Рэлея, в рассеянной радиации преобладают более короткие длины волн, так как красные лучи, будучи в два раза длиннее фиолетовых, рассеиваются в 14 раз меньше. Инфракрасная радиация рассеивается очень незначительно. Считают, что рассеянию подвергается около 26% общего потока солнечной радиации, 2/3 этой радиации приходит к земной поверхности. Так как рассеянная радиация поступает не от солнечного диска, а от всего небосвода, то ее энергетическую освещенность измеряют на горизонтальной поверхности. Единицей измерения энергетической освещенности рассеянной радиации является Вт/м 2 или кВт/м 2 . Если рассеяние происходит на частицах, соизмеримых с длинами волн излучения (аэрозольные примеси, кристаллы льда и капельки воды), то рассеяние не подчиняется закону Рэлея и энергетическая освещенность рассеянной радиации становится обратно пропорциональной не четвертой, аменьшим степеням длин волн - т.е. максимум рассеяния смещается в более длинноволновую часть спектра. При большом содержании в атмосфере крупных частиц рассеяние сменяется диффузным отражением, при котором поток света отражается частицами как зеркалами, без изменения спектрального состава. Поскольку падает белый свет, то и отражается тоже поток белого света. В результате цвет неба становится белесым. С рассеянием связаны два интересных явления - это голубой цвет неба и сумерки. Голубой цвет неба - это цвет самого воздуха, обусловленный рассеянием в нем солнечных лучей. Так как в чистом небе рассеяние подчиняется закону Рэлея, то максимум энергии рассеянной радиации, идущей от небесного свода, приходится на голубой цвет. Голубой цвет воздуха можно видеть, рассматривая отдаленные предметы, которые кажутся окутанными голубоватой дымкой. С высотой, по мере уменьшения плотности воздуха, цвет неба становится темнее и переходит в густо-синий, а в стратосфере - в фиолетовый. Чем больше примесей содержится в атмосфере, тем больше доля длинноволновой радиации в спектре солнечного света, тем белесоватее становится небо. Из-за рассеяния наиболее коротких волн прямая солнечная радиация обедняется волнами этого диапазона, поэтому максимум энергии в прямой радиации смещается в желтую часть и солнечный диск окрашивается в желтый цвет. При низких углах Солнца рассеяние происходит очень интенсивно, смещаясь в длинноволновую часть электромагнитного спектра, особенно при загрязненной атмосфере. Максимум прямой солнечной радиации смещается в красную часть, солнечный диск становится красным, и возникают яркие желто-красные закаты. После захода Солнца темнота наступает не сразу, аналогично утром, на земной поверхности становится светло за некоторое время до появления солнечного диска. Это явление неполной темноты при отсутствии солнечного диска получило название сумерек вечерних и утренних. Причиной этого является освещение Солнцем, находящимся под горизонтом, высоких слоев атмосферы и рассеяние ими солнечного света. Различают астрономические сумерки, которые продолжаются, пока Солнце не опустится ниже горизонта на 180 и при этом станет так темно, что будут различимы самые слабые звезды. Первая часть вечерних астрономических сумерек и последняя часть утренних астрономических сумерек называется гражданскими сумерками, при которых Солнце опускается под горизонт не ниже 80 . Продолжительность астрономических сумерек зависит от широты местности. Над экватором они короткие, до 1 часа, в умеренных широтах составляют 2 часа. В высоких широтах в летний сезон вечерние сумерки сливаются с утренними, образуя белые ночи. |