

# Испарение

---

Водяной пар постоянно поступает в атмосферу в результате испарения с поверхностей воды, почвы и растений. *Испарение воды растениями называется транспирацией, а испарение с почвы и растений - **суммарным испарением**.*

При испарении отдельные молекулы воды отрываются от водного зеркала или влажной почвы и переходят в воздух как молекулы водяного пара. В воздухе они распространяются во все стороны от источника испарения вследствие собственного движения молекул, осуществляя молекулярную диффузию, а также вместе с общим переносом воздуха.

В горизонтальном направлении воздух переносится ветром, в вертикальном - турбулентными вихрями, возникающими из-за разности температур воздуха.

Одновременно с испарением происходит обратный процесс перехода молекул водяного пара из воздуха в воду или в почву.

Испарение прекращается при достижении подвижного равновесия, при котором количество отрывающихся молекул становится равным возвращающемуся из воздуха. Такое состояние называется **насыщением**, а воздух, содержащий такое количество водяного пара, - **насыщенным**.

Чем выше температура воздуха, тем больше он может содержать водяного пара. На каждые  $10^{\circ}\text{C}$  повышения температуры воздуха, содержание пара в состоянии насыщения удваивается.

**Капли жидкой воды в облаках и туманах часто находятся в переохлажденном состоянии (до  $-10^{\circ}$ ), поэтому в атмосфере вода и лед могут находиться одновременно (в смешанных облаках).**

**Испарение зависит главным образом:**

**от температуры испаряющей поверхности, влажности воздуха, скорости ветра и атмосферного давления.**

**Годовая сумма испарения с поверхности  
Мирового океана 450 тыс.м<sup>3</sup>, суши - 70 тыс.м<sup>3</sup>**

# Количественно *испарение* характеризуется

---

*скоростью: это масса воды, которая испаряется в единицу времени с единицы площади.*

Скорость испарения с водной поверхности увеличивается с увеличением ее температуры, дефицита водяного пара над ней и скорости ветра. Меньше влияет атмосферное давление, прозрачность воды (обратно пропорционально), прямая солнечная радиация (прямо пропорционально).

Скорость испарения с поверхности почвы прежде всего зависит от температуры почвы, влажности воздуха, скорости ветра, количества воды в почве, физических свойств почвы, состояния поверхности, растительности. Наибольшее испарение при прочих равных условиях будет с поверхности темных (сильнее нагреваемых, чем светлые) влажных почв с плохой структурой, лишенных растительности при низкой влажности воздуха и сильном ветре.

Скорость испарения воды растениями (транспирация) определяется теми же факторами, что и с поверхности почв, но она меньше. Растения, благодаря собственным регулирующим системам, могут экономить воду, уменьшая транспирацию. Однако в целом общий расход воды может составлять более 800 кг на образование 1 кг зеленой массы.

Испарение воды с поверхности почвы и растений, **называемое суммарным испарением**, обусловлено мощностью растительного покрова, биологическими особенностями растений, глубиной корневой системы и др.

Рассматривая количество воды, которое испаряется в конкретном месте, различают *фактическое* испарение и *возможное* или *испаряемость*.

**Фактическое испарение** может быть значительно меньше возможного по метеорологическим условиям (например, в пустыне испаряется очень мало влаги из-за ее отсутствия).

Чтобы иметь представление о предельно возможном испарении в конкретных условиях, определяют испаряемость. Особенно это важно, например, для расчета оросительных мероприятий.

**Испаряемость** это максимально возможное испарение, не ограниченное запасами влаги. Эта величина может быть достигнута в естественных условиях при испарении с поверхности водоема или избыточно увлажненной почвы.

**Измеряют испарение испарителями или рассчитывают по уравнениям теплового или водного баланса.** В качестве испарителей используют бассейны площадью 20 и 100 м<sup>2</sup>, 3000 см<sup>2</sup>, для почв - 500 см<sup>2</sup>. Почвенный испаритель состоит из двух металлических цилиндров, внешний установлен до глубины 53 см, внутренний, с почвенным монолитом с ненарушенной структурой и растительностью, - до 50 см. Дно внутреннего цилиндра имеет отверстия для слива избытка влаги. Каждые 5 суток внутренний цилиндр с почвой вынимают и взвешивают. Испарение ( $E$ , мм) рассчитывают по формуле:

$$E = 0,02 \cdot (q_1 - q_2) - W + A,$$

где: 0,02 - коэффициент для перевода граммов в мм слоя воды;  $q_1$  - вес испарителя предыдущий, г;  $q_2$  - вес испарителя в настоящий момент, г;  $W$  - количество воды под цилиндром, мм;  $A$  - количество выпавших осадков, мм (за период между определениями)

Наибольшие колебания испарения в течение суток наблюдаются летом с максимумом в 14 часов и минимумом - перед восходом Солнца.

В полярных областях, при низких температурах, испаряемость составляет менее 100 мм в год, в Центральной Европе - около 400 мм, в Москве - 420 мм.

В Средней Азии, на фоне высоких летних температур и большого дефицита влажности, испаряемость достигает до 1800 мм в год, а в Сахаре, в 500 км от атлантического побережья, - 3000 мм



# Одна из важных задач агротехники

---

**– сокращение непроизводительного испарения воды из почв.**

**Для этого применяют различные приемы, которые позволяют нарушить почвенную капиллярность, через которую идет испарение: раннюю вспашку и боронование (закрытие влаги), рыхление междурядий пропашных культур. Применение ранней вспашки предотвращает также поверхностный сток в 2 - 5 раз (чем южнее, тем больше).**

**Эффективна осенняя безотвальная вспашка, после которой растительные остатки на поверхности действуют как мульчирующий слой. Лесные полосы защищают поля, снижая скорость ветра, что увеличивает влажность воздуха и снижает испарение**

# *Влажность воздуха*

---

*Влажность воздуха* - это содержание водяного пара в воздухе.

Оно в значительной степени зависит от того, сколько воды испаряется с земной поверхности в данных климатических условиях (температуры приземных слоев воздуха, скорости ветра, области формирования воздушных масс, господствующие воздушные течения).

Влажность воздуха оказывает большое влияние на растения.

Высокий дефицит насыщения пара вызывает резкое усиление испарения с поверхности почвы и транспирацию растений.

Длительное действие на растения воздуха с относительной влажностью менее 30% вызывает усыхание листьев, что ведет к потерям урожая.

Повышенная влажность воздуха вызывает развитие болезней сельскохозяйственных культур, например, фитофторы картофеля, томатов, белой гнили подсолнечника, ржавчины зерновых культур и др

# Влажность воздуха характеризуется следующими величинами

---

*Упругость водяного пара или парциальное давление (  $e$  ) -давление, которое имел бы этот пар, если бы он один занимал объем, равный объему воздуха при данной температуре. Выражается в гектопаскалях (гПа). До 1980 г. - в миллиметрах ртутного столба или в миллибарах (1 гПа = 1 мб = 0,75 мм). Чем теплее воздух, тем больше водяного пара он может содержать и тем больше в нем упругость водяного пара. У земной поверхности она изменяется от сотых долей мб при очень низких температурах (в Антарктиде, Якутии) до 35 мб (у экватора).*

*Абсолютная влажность-* количество граммов водяного пара в 1 м<sup>3</sup> воздуха, выраженное в г/м<sup>3</sup>

*· Максимальная упругость водяного пара или упругость насыщения (  $E$  ) - максимально возможная при данной температуре упругость водяного пара в мм или мб или, проще, максимальное количество воды в виде пара в граммах, которое может содержаться в воздухе при этой температуре.*

Величина  $E$  существенно увеличивается с ростом температуры. Ее значение при разных температурах можно найти в Психрометрических таблицах (1963) или в таблице «Максимальная упругость водяного пара» (в разделе «Метеорологические приборы»).

**Относительная влажность (  $r$  )** – отношение упругости водяного пара (  $e$  ), которое содержится в воздухе, к максимальной упругости (  $E$  ) при определенной температуре воздуха, выражается в % :

$$r = (e : E) \cdot 100\%.$$

Величина относительной влажности применяется для оценки благоприятности условий произрастания культур. При одинаковом парциальном давлении пара, например 12 гПа, при температуре воздуха 10°С относительная влажность воздуха будет 98%, а при  $t = 30^{\circ}\text{C}$  - только 28%. Наоборот, при уменьшении температуры относительная влажность увеличивается.

*Дефицит влажности или недостаток насыщения (  $d$  ) - это разность между упругостью насыщения (  $E$  ) при данной температуре воздуха и фактической упругостью (  $e$  ):*

$$d = E - e, \text{ гПа (мм, мб).}$$

Дефицит насыщения комплексно характеризует условия температуры и влажности воздуха, так как  $E$  зависит от температуры, а  $e$  – от содержания в воздухе водяного пара.

*Точка росы - такая температура, при которой воздух становится насыщенным или температура, до которой надо охладить воздух, чтобы он стал насыщенным водяным паром.* Точку росы можно найти по специальной таблице “Максимальная упругость водяного пара”, зная упругость водяного пара. Так как в момент точки росы водяной пар достигает насыщения,  $e = E$ , то по значению “ $e$ ” можно найти соответствующую температуру, которая и будет точкой росы

# Облака

---

Облака являются источником осадков, уменьшают солнечную радиацию, поэтому существенно влияют на растения и животных. Наблюдения за облаками позволяют прогнозировать изменения погоды и уточнять прогнозы для местных условий

Облака переносятся воздушными течениями, испаряются при уменьшении относительной влажности в воздухе. В определенных условиях капли облаков укрупняются, утяжеляются и начинают выпадать в виде осадков.

Существование облаков может продолжаться до десятков минут. Это значит, что капли облака испарились. Облака не являются неизменными образованиями, состоящими из одних и тех же частиц, они постоянно находятся в состоянии формирования и исчезновения. Длительно существует процесс конденсации и испарения, а облако является видимой частью общей массы воды, участвующей в этом процессе.



# По своему строению облака могут быть

---

## Водяные, смешанные и ледяные.

*Водяные (капельные)* облака состоят только из капель, могут существовать при температурах ниже нуля (до  $-10^{\circ}\text{C}$ ), когда капли находятся в переохлажденном состоянии.

*Смешанные* облака содержат смесь капель и ледяных кристаллов при умеренных отрицательных температурах.

*Ледяные (кристаллические)* облака состоят только из ледяных кристаллов при низких температурах (ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ ).

Облака имеют разнообразные формы, могут их менять под воздействием атмосферных процессов. В результате много-летних наблюдений на Земном шаре создана международная классификация облаков по их внешнему виду и высоте расположения.

# По классификации делятся на 4 семейства и 10 родов (форм)

---

1. Облака верхнего яруса (в полярных широтах распространены на высоте от 3 до 8 км, в умеренных - от 5 до 13 км, в тропических - от 6 до 18 км):

1) перистые - Cirrus (сокращенное обозначение - Ci),

2) перисто-кучевые - Cirrocumulus (Cc),

3) перисто-слоистые - Cirrostratus (Cs).



Облака верхнего яруса расположены в тропосфере, состоят из ледяных кристаллов, белые, полупрозрачные, почти не затевают солнечный свет. *Перистые* облака выглядят как отдельные нити, гряды или полосы волокнистой структуры. *Перисто-кучевые* представляют собой гряды или пласты с ясно выраженной структурой из мелких хлопьев, шариков, завитков, барашков, часто похожи на рябь на поверхности воды. *Перисто-слоистые* облака имеют вид прозрачной белесоватой вуали, закрывающей небо, иногда в них различается волокнистая структура. Эти облака часто дают оптические явления - "гало" - светлые круги вокруг дисков луны и солнца или светлые дуги. Такие явления создаются при преломлении света в ледяных кристаллах и отражении света от их граней.



2. Облака среднего яруса (в полярных широтах - от 2 до 4 км, в умеренных - от 2 до 7 км, в тропических - от 2 до 8 км):

4) высококучевые - Altokumulus (Ac),

5) высоко-слоистые - Altostratus (As).

3. Облака нижнего яруса (во всех широтах - до высоты 2 км):

6) слоистые - Stratus (St),

7) слоисто-кучевые - Stratocumulus (Sc),

8) слоисто-дождевые - Nimbostratus (Ns).



В среднем ярусе *высококучевые* облака белого, серого цвета, выглядят как пласты или гряды, состоящие из плоских валов, дисков, пластин, часто расположенных рядами. Они тонкие, но солнце затеняют. *Высокослоистые* облака, находясь в среднем ярусе, могут проникать в верхний ярус, вертикальная их мощность достигает нескольких километров. Они закрывают небо целиком или частично молочно-серым покровом, сквозь который видны размытые диски светил. Это типичные смешанные облака, дающие зимой мелкий снег, а летом осадки испаряются, не достигая земли



4. Облака вертикального развития. Высота от 0,5 до 6 и более км:

9) кучевые - Cumulus (Cu),

10) кучево-дождевые - Cumulonimbus (Cb).



*Слоистые* облака нижнего яруса самые низкие, на равнине могут быть всего в нескольких десятках метров над землей. Они однородного серого цвета, летом - капельного строения, дают морось, зимой при низких отрицательных температурах из них могут выпадать ледяные иглы, снежные зерна, мелкий снег. *Слоисто-кучевые* облака имеют вид серых, беловатых гряд или слоев из дисков, валов, с более темными участками. Чаще всего облака состоят из мелких однородных капель, переохлажденных при отрицательных температурах, не дают осадков. *Слоисто-дождевые* облака имеют общее происхождение с высокслоистыми, но имеют более мощный слой в несколько километров от нижнего в средний и даже - в верхний ярус. Внизу они содержат капли и снежинки, поэтому цвет их серый, выпадает обложной дождь или снег



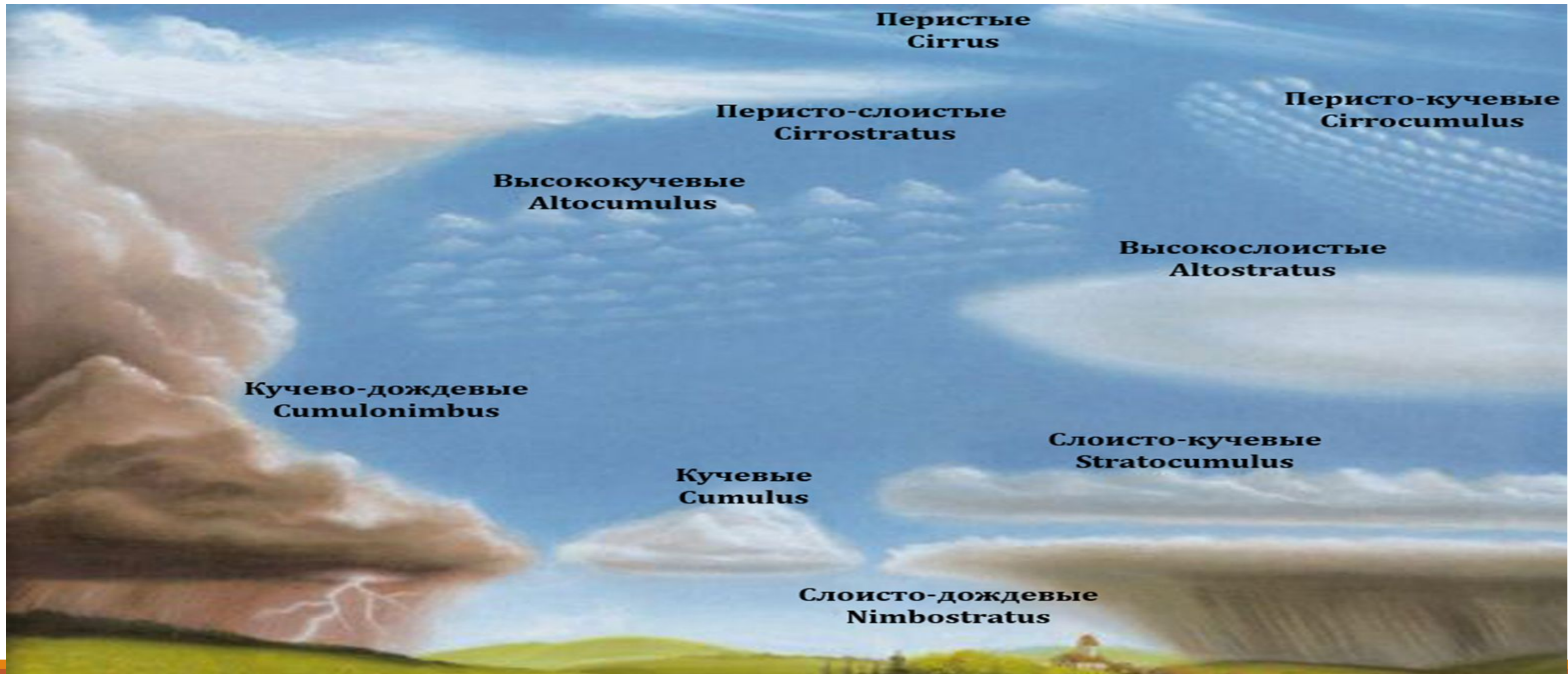
*Кучевые* облака расположены в нижнем и среднем ярусах, плотные, с резко очерченными краями, в виде холмов, куполов, башен белого цвета на солнце. Основания их темные, часто горизонтальные. Они состоят только из капель, осадков не дают. *Кучево-дождевые* (*грозовые, ливневые*) облака являются следующей стадией развития кучевых. Это мощные массы, сильно развитые по вертикали от нижнего до верхнего яруса, в виде гор и башен с приплюснутыми вершинами (формы наковален).

Облака вверху состоят из кристаллов льда, внизу - из кристаллов и капель, дают осадки ливневого характера летом, часто - с градом, грозowymi явлениями, а зимой - сильный густой снег, крупу. Под основанием кучево-дождевых облаков часто наблюдаются скопления разорванных слоистых или кучевых облаков.





При наблюдениях на метеорологических станциях определяют форму облаков, высоту нижней границы, облачность - степень покрытия неба облаками в баллах от 0 до 10 (если покрыто облаками 75% неба - облачность составляет 7,5 балла)



# Осадки

---

Источником осадков является водяной пар атмосферы, который при конденсации образует облака. Выпадение осадков из облаков происходит при укрупнении капель воды или кристаллов льда до размеров, при которых они уже не могут оставаться во взвешенном состоянии и начинают падать.

Атмосферные осадки подразделяются по характеру выпадения на:

*обложные, ливневые и моросящие.* Различают: жидкие, твердые и смешанные осадки.

**Обложной дождь** выпадает в основном из слоисто-дождевых облаков длительное время непрерывно или с небольшими перерывами и охватывает большую территорию.

**Ливневой дождь** выпадает из кучево-дождевых облаков за короткое время на небольшой территории и сопровождается часто сильным ветром.

**Интенсивность ливня (  $a$  )** определяется высотой слоя осадков ( $h$ , мм), выпавших за промежуток времени ( $t$ , мин):

$$a = h : t, \text{ мм/мин.}$$



**Морось** - осадки, состоящие из очень мелких капель, не образующих кругов при падении на водную поверхность, выпадают из плотных слоистых облаков.

**Смешанные осадки** - это мокрый снег с дождем.

**Твердые осадки:** снег, снежная крупа, снежные зерна, ледяной дождь, град. Обложной снег выпадает из слоисто-дождевых облаков, другие - из кучево-дождевых облаков.



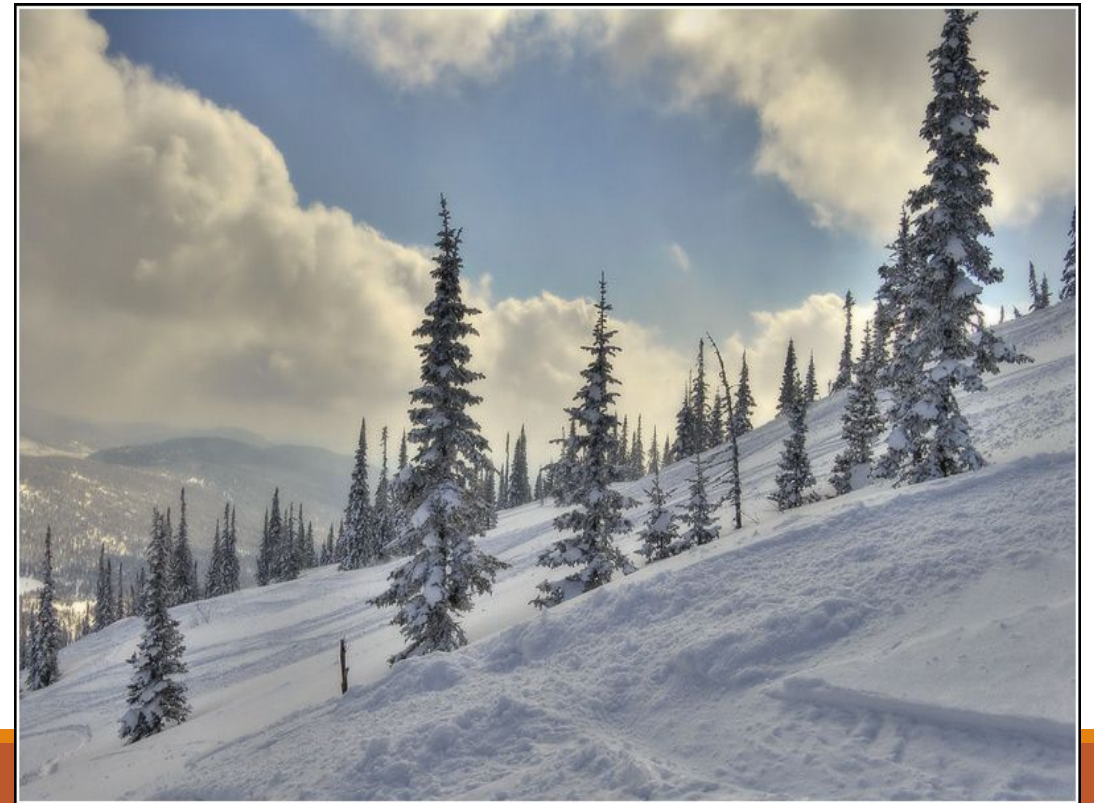
Снег, выпавший при отрицательных температурах, образует на земной поверхности **снежный покров**. Наличие его и продолжительность залегания зависят от широты местности. На Крайнем Севере снежный покров лежит до 10 месяцев, в Средней Азии устойчивого снежного покрова не бывает.

**Состояние снежного покрова характеризуется его высотой, плотностью и залеганием.** Высота обусловлена количеством выпавшего снега и может быть более 2 м (Камчатка, Сахалин). В Центральных и Северных районах России, в Европе - 0,5...0,6 м. Плотность снежного покрова - это отношение массы снега к его объему. Свежевыпавший снег имеет плотность  $0,01 \text{ г/см}^3$ , слежавшийся и тающий - до  $0,6 \text{ г/см}^3$ . Залегание снежного покрова зависит от рельефа местности, вида поверхности, скорости ветра.



Эти факторы определяют неравномерность залегания: высокие сугробы и оголенные поверхности.

Снежный покров обладает большим альбедо (отражает до 95% солнечной радиации сразу после выпадения и до 35% - в загрязненном состоянии), малой теплопроводностью. Коэффициент теплопроводности увеличивается прямо пропорционально плотности и при средних ее значениях ( $0,2 \text{ г/см}^3$ ) составляет  $0,126 - 0,251 \text{ Вт/м на градус}$ . Эта величина в 10 раз меньше, чем у почв.



Снежный покров имеет большое значение для сельского хозяйства. Он является источником запасов воды в почве, необходимых для растений, защищает от вымерзания озимые и многолетние травы, корневую систему плодовых и ягодных культур. Например, при температуре воздуха  $-30$  градусов и высоте снежного покрова  $10$  см температура почвы на глубине  $3$  см (где расположен узел кущения озимых) равна  $-16^{\circ}$ , а при высоте снега  $40$  см - до  $-9^{\circ}\text{C}$ .

Для увеличения высоты снежного покрова используют приемы снегозадержания путем устройства кулис из высоко-стебельных растений, оставляемых на зиму (кукуруза, подсолнечник), сохраняют стерню, создают лесные полосы, снежные валы и др. Эти приемы позволяют снизить скорость ветра и способствуют оседанию снега на поверхности почвы, а не сдуванию его.

