

не превышает нескольких сотен вольт на сантиметр (В/см). Однако при напряженности поля, близкой к пробивному значению, происходит вытягивание крупных капель и их разбрызгивание.

Диффузионные и термофоретические силы также оказывают влияние на скорость движения и коагуляцию частиц радиусом до 10^{-4} — 10^{-5} см (ядер конденсации и мельчайших капель).

10 Наземная конденсация и осадки

Поток водяного пара, определенный формулами (5.1) или (5.3) главы 14, может быть как положительным (в тех случаях, когда доля водяного пара уменьшается вблизи земной поверхности с высотой: $s_2 < s_0$), так и отрицательным, т. е. направленным к земной поверхности. Такие условия создаются в тех случаях, когда s растет с высотой ($s_2 > s_0$)—наблюдается инверсионное распределение влажности по высоте. Пока температура воздуха в непосредственной близости к поверхности земли не достигла точки росы, водяной пар, поступающий (при $Q'_0 < 0$) из воздуха, проникает в почвенные поры и пополняет запас влаги в почве. Если температура воздуха, соприкасающегося с земной поверхностью (почвой, растениями, предметами), оказывается ниже точки росы, то может начаться процесс конденсации водяного пара непосредственно на земной поверхности, сопровождающийся формированием таких видов наземной конденсации, как 1) роса и иней, 2) твердый и жидкий налет, 3) изморозь.

Роса и иней. Основной причиной образования росы служит потеря тепла земной поверхностью под влиянием излучения в ночное время суток. При достижении температурой воздуха точки росы и последующем дополнительном охлаждении происходит конденсация водяного пара. В общем случае пар конденсируется как в воздухе (туман), так и на земной поверхности (роса). Однако в тех случаях, когда воздух достаточно чистый (мало ядер конденсации), или резко выражена инверсия температуры ($T_0 < T_z$), конденсация водяного пара происходит преимущественно на земной поверхности—выпадает роса. При этом сначала на поверхности (почве, растениях, предметах) образуются мелкие капли, которые сливаются затем в более крупные. Если температура земной поверхности ниже 0°C , то на острых выступах, неровностях, кристаллических частицах водяной пар может начать сублимироваться (переходить в твердое состояние—лед). Этот процесс сопровождается образованием твердой росы или инея.

Отметим, что условия выпадения инея более благоприятны, чем росы: достаточно достичь состояния насыщения по отношению ко льду, чтобы началась сублимация водяного пара (при этом относительная влажность воздуха вблизи земной поверхно-

сти, как показано в п. 5 главы 14, может быть существенно меньше 100 %).

Поскольку при выпадении росы водяной пар переносится из атмосферы к земной поверхности ($Q'_0 < 0$), то абсолютная влажность воздуха при этом уменьшается, что снижает вероятность образования тумана (во всяком случае, достаточно интенсивного). Наоборот, если образуется туман, то, как следует из результатов главы 16, температура земной поверхности повышается, что не способствует выпадению росы. Наблюдения подтверждают эти выводы: при обильной росе не наблюдается интенсивных туманов; при образовании интенсивного тумана не выпадает обильная роса.

Согласно наблюдениям, в умеренных широтах роса может дать слой осадков толщиной 0,05—0,15 мм за ночь и 10—50 мм за год. Наиболее обильная роса выпадает весной и осенью, поскольку летом температура воздуха не всегда опускается ниже точки росы. Простые оценки¹ и более строгая теория (основанная на решении уравнений переноса тепла и водяного пара) показывают, что роса формируется вследствие конденсации водяного пара, который поступает к земной поверхности из слоя воздуха толщиной в несколько сотен метров. При этом абсолютная влажность на каждом уровне понижается сравнительно мало (вблизи земной поверхности, согласно наблюдениям, до 2—3 г/м³), общая же масса сконденсированного из столба атмосферы водяного пара оказывается значительной.

Наиболее обильные росы выпадают при высокой абсолютной влажности воздуха, на сухих взрыхленных почвах (мала теплопроводность), в ясную (велико эффективное излучение) погоду при слабом ветре. Обильная роса и иней осаждаются также на предметах (досках, крышах и др.), обладающих низкой теплопроводностью.

Жидкий и твердый налет, в отличие от росы и инея, — явление, обусловленное сменой погоды: после продолжительных сильных морозов наступает резкое потепление. Теплый воздух, поступающий на сильно охлажденную поверхность, соприкасаясь с холодными предметами (навстреленными стенами зданий, камнями, асфальтом дорог и др.), охлаждается, водяной пар достигает насыщения, а при дальнейшем охлаждении и конденсируется. Так, на холодных (достаточно массивных) предметах формируется пленка воды, которую и называют жидким налетом. Если периоду потепления предшествовали сильные морозы, то возникает твердый налет, подразделяемый на кристаллический, зернистый и ледяной. Усилению налета, кроме конденсации водяного пара, спо-

¹ Пусть абсолютная влажность в слое толщиной H уменьшилась на Δa . Тогда толщина слоя воды, образованного росой, $h = \Delta a H$. При $\Delta a =$

$= 1 \text{ г/м}^3$ и $h = 0,1$ мм толщина слоя, из которого поступил водяной пар, $H = 100$ м

сопутствует осаждение на предметах капель тумана, который обычно образуется в теплом воздухе.

Изморозь представляет собой белый рыхлый, снеговидный осадок, образующийся на ветвях деревьев и кустарниках, на телеграфных столбах и проводах, на выступах и углах зданий. Образуется она или путем сублимации водяного пара (кристаллическая изморозь), или в результате замерзания капель переохлажденного тумана (зернистая изморозь). Оба процесса при температуре выше -30°C протекают, как правило, при тумане.

В отличие от инея, изморозь образуется в любую часть суток, чаще всего в морозную туманную погоду, когда в воздухе плавают ледяные кристаллы (алмазная пыль).

Гололед — это явление осаждения и последующего замерзания (при столкновении) переохлажденных капель мороси или дождя преимущественно на наветренной стороне различных предметов и на земной поверхности. Образующийся при этом слой плотного льда может достигать нескольких сантиметров. Гололед наблюдается обычно в начале и конце зимы при температуре воздуха от 0 до -7°C . Однако нередки такие зимы (особенно в приморских районах), когда гололед образуется в течение всей зимы.

Принципиальное отличие гололеда от твердого налета состоит в том, что при образовании твердого налета сублимация водяного пара осуществляется непосредственно на холодной земной поверхности, в то время как гололед формируется под влиянием замерзания капель осадков, образовавшихся в атмосфере и затем выпадающих на земную поверхность. Однако следует подчеркнуть, что в образовании всех других видов наземных осадков (и, в первую очередь, жидкого и твердого налета, изморози) осаждение на земную поверхность капель и кристаллов льда из атмосферы играет вполне заметную (хотя и не определяющую) роль. С другой стороны, в формировании гололеда, наряду с осаждением переохлажденных капель, вносят некоторый вклад конденсация и сублимация водяного пара на поверхности слоя льда.

Обледенение (родственное гололеду явление) — процесс осаждения и замерзания (при соударении) переохлажденных капель облаков, туманов и осадков на различных частях самолетов и других летательных аппаратов, а также наземных и водных видов транспорта (автомобили, суда, поезда и др.).

С гололедом связаны большие материальные потери. При гололеде на 1 м провода может оседать от 10 г до 1 кг льда. Под тяжестью осевшего льда обрываются провода, ломаются не только ветви, но и деревья. При гололеде резко увеличивается травматизм среди населения, а также сильно усложняется работа и повышается аварийность всех видов транспорта.

В теории гололедно-изморозевых явлений особый интерес представляет понятие коэффициента соударения, сведения о котором приведены в п. 4 данной главы.