



Почему москвичам холодно в Питере и тепло в Якутии?

Всем хорошо известно или, по крайней мере, многие слышали, что 40-градусный мороз в Якутии переносится гораздо легче, чем 20-градусный в Петербурге. Объясняют это обычно тем, что влажность воздуха около Балтийского моря гораздо выше, чем в Якутии. Проверим, подтверждает ли это распространённое мнение количественная оценка эффекта? Прежде всего, выясним, может ли ощущение холода быть обусловлено влажностью воздуха.



Воздух, в котором вода находится в виде пара, даже при 100-процентной его относительной влажности, содержит совсем немного молекул воды. И хотя теплоёмкость 1 моля водяного пара при постоянном давлении несколько больше теплоёмкости 1 моля кислорода и азота, вы-

сокая влажность воздуха не может сильно повлиять на его теплоёмкость, так как доля молекул воды очень мала: на 1000 молекул при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в воздухе со 100-процентной влажностью приходится всего 1 молекула воды. Убедиться в этом можно, воспользовавшись справочной таблицей 1.

Таблица 1

Температура, 0°C	Давление насыщенного пара, Па
+37	6300
+10	1230
0	610
-20	100
-42	10
-60	1

Но именно от значения теплоёмкости зависит количество теплоты, «забираемой» воздухом от тела, с которым он контактирует. Следовательно, рассматриваемый эффект не может быть вызван водой, находящейся в воздухе в виде пара, а, возможно, связан с водой, пребывающей в *конденсированном* состоянии.

Предположим теперь, что влажный (100%) и чистый (без пылинок) воздух при температуре $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (над Гольфстримом) быстро охладился до температуры $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом давление водяного пара стало гораздо больше (примерно в 10 раз), чем давление насыщенного пара при данной ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) температуре, что приводит при охлаждении к перенасыщению и



конденсации пара, а затем к постепенному образованию и росту кристалликов льда. Если кристаллики уже сформировались, но ещё не успели выпасть на землю в виде снега, то в воздухе будет присутствовать вода в виде конденсированного вещества в количестве примерно 0,01 кг в 1 м^3 . При каждом вдохе воздуха с таким содержанием «микрорльдинок» человек получит вместе с двумя его литрами (по данным медиков это средний объём «вдоха», если человек не занимается тяжёлой физической работой) примерно 20 мг льда. На нагрев сухого воздуха от -20°C до температуры человеческого тела требуется энергия, равная примерно 140 Дж, а на испарение полученного внутри льда и нагрев водяного пара до той же температуры – порядка 50 Дж. Эквивалентная этим суммарным тепловым потерям температура сухого воздуха составит -40°C ! То есть оценки тепловых потерь при вдыхании воздуха в Петербурге при -20°C и в Якутии -40° соответствуют широко распространённому мнению.

При дыхании через нос первыми холодный воздух встречают пронизанные капиллярами его внутренние стенки. Поступающая по капиллярам кровь подогревает стенки и, соответственно, вдыхаемый воздух. Однако при низких температурах не только этот механизм обеспечивает подогрев вдыхаемого воздуха. Внутренняя температура тела человека 37°C и все поверхности дыхательных путей влажные, поэтому выдыхаемый воздух, имея температуру 37°C , на-

сыщен водяными парами. Контактируя с холодными внутренними стенками верхних дыхательных путей (в частности, стенками носа), воздух охлаждается, а на стенках конденсируется вода¹, что сопровождается выделением теплоты. Это поддерживает температуру выше 0°C на стенках носа и на других участках верхних дыхательных путей. Поскольку вдыхаемый и выдыхаемый объёмы воздуха почти одинаковы, то максимальное количество водяного пара (см. давление насыщенного пара при 37°C в таблице), которое может превратиться в жидкость при каждом выдохе влажного воздуха, равно примерно 82 мг. При этом выделится 190 Дж энергии. Конечно, не весь выдыхаемый вместе с воздухом из лёгких



пар конденсируется на стенках носа. Большая его часть (к сожалению, неизвестно, какая) оказывается в наружном воздухе. Его, уже сконденсировавшегося, мы и видим в клубах «пара», которые вырываются из ноздрей при выдохе. (Зимой можно провести детальные измерения всех параметров, от которых зависит количество теплоты, теряемой человеком

¹ Понятно теперь, почему в холодную погоду у людей начинает «капать» из носа.



при каждом цикле «вдох – выдох». Надеемся, что заинтересовавшиеся проблемой читатели проведут такие измерения.)

Однако тепловые потери происходят не только в верхних дыхательных путях. Все открытые участки тела, в частности, лицо тоже нагревают контактирующий с ними воздух и тоже испаряют содержащиеся в нём ледяные кристаллики. Если бы кожа была сухой, а её температура ниже 0°C , то кристаллики льда просто отскакивали бы от неё. Однако это не так. Попавшие на кожу кристаллики тают, и вода растекается тонкой плёнкой по лицу, а к этой плёнке во-



ды очередные порции кристалликов хорошо прилипают. Так что идёт непрерывный процесс оседания льдинок, их таяния и испарения воды из плёнки, который забирает теплоту от открытых участков тела, создавая ощущение холода. Холодный воздух при ветре, независимо от того, сухой он или влажный, «забирается под одежду» и «выдувает тепло» – при этом мы чувствуем, что нам холодно. Это ощущение тем сильнее, чем больше скорость ветра. В безветренную погоду и в Питере при -20°C , и в Якутии при -40°C одинаково ком-

фортно, а если дует ветер со скоростью больше 3 м/с , то и там, и там одинаково зябко. Итак, приведённые оценки показывают: известное мнение о том, что мороз в -40°C в Якутии переносится легче, чем мороз в -20°C в Петербурге, имеет под собой «теоретическое» основание. Однако более существенным фактором является, по-видимому, наличие или отсутствие ветра. В Питере ветреная погода практически всегда, а в Якутии – это очень редкое явление.

Однажды при морозе -15°C в Москве скорость ветра была примерно $(1-1,5)\text{ м/с}$ и ветер дул вдоль пешеходного тротуара. На пути в магазин я шёл «против ветра» и чувствовал лицом, что мороз «знатный». А на обратном пути буквально через 5 мин я шёл по тому же тротуару «вместе с ветром» и мороз вовсе не казался сильным. Такая большая разница в ощущениях возникла вследствие ветра с относительной скоростью всего-то $(2-3)\text{ м/с}$.

