

ра выпало бы 50 мм осадков, а вблизи полюсов – только 1 мм. При этом в среднем на поверхности земли образовался бы слой воды толщиной 25 мм. Известно, что за год в среднем выпадает 1 м осадков, поэтому набивший всем оскомину «круговорот воды в природе» совершается, по крайней мере, 40 раз за год. Концентрация (давление) водяных паров падает с удалением от поверхности Земли гораздо быстрее, чем для остальных газов. Происходит это из-за того, что при подъеме уменьшается температура воздуха, а значит, понижается и его способность удерживать влагу. На высоте 5 км температура воздуха уже около -20°C , поэтому почти половина всей влаги атмосферы находится в самом нижнем слое атмосферы, имеющем толщину 1,5 км, и менее 5% висит над нами на высоте, большей 5 км. Относительная влажность воздуха тоже падает с высотой, составляя в среднем 60–80 % у поверхности и 20–40% на высоте 9 км.

Как измеряют влажность на расстоянии? Чтобы предсказать погоду, надо узнать, откуда и куда движется влажный воздух. Для этого надо уметь определять влажность воздуха на расстоянии. Делают это, например, с помощью установленных на спутниках датчиков, измеряющих интенсивность инфракрасного излучения Земли. Водяные пары очень сильно поглощают этот тип излучения, и поэтому на фотографиях Земли, сделанных со спутника, яркость изображения зависит от концентрации водяных паров, находящихся над данной точкой поверхности планеты (рис.28).

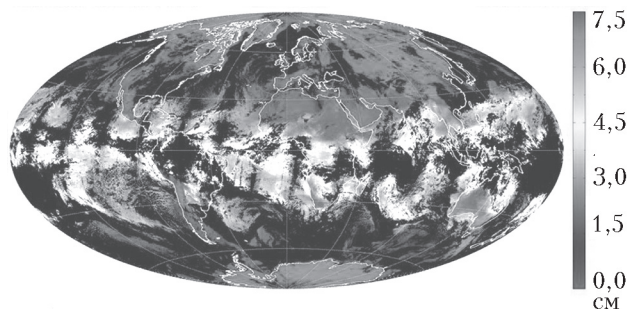


Рис.28. Распределение количества водяного пара в атмосфере Земли 30 января 2005 года. Значения закодированы в цвете и соответствуют толщине слоя осадков (в см) в случае, если бы весь пар сконденсировался и выпал на землю в виде дождя

Какая влажность лучше? Интересуясь прогнозом погоды, мы редко обращаем внимание на влажность воздуха, считая, что главное – это температура и осадки. Однако значения относительной влажности тоже бывают очень важны. Излишне сухой воздух с относительной влажностью меньше 40% делает сухими слизистые оболочки легких и носоглотки, увеличивая риск инфекций и кровотечений. Чересчур влажный воздух с влажностью более 60% в помещении создает идеальные условия для роста плесени и размножения так называемых пылевых клещей, что может вызывать аллергию у лиц, склонных к этим заболеваниям. Кроме того, высокая влажность может стать причиной тепловых ударов, так как при большой концентрации водяных паров в воздухе нам становится тяжело отдавать избыточное тепло с помощью потоотделения. Как следует из таблицы 4, увеличение влажности с 50 до 70% при температуре 32 °С приводит к кажущемуся росту температуры окружающего воздуха с 36 до 41 °С. Наоборот, когда влажность нулевая, те же 32 °С ощущаются нами как 28 °С. Поэтому, если вам стало зябко в холодной комнате, поставьте на пол таз с теплой водой – скоро влажность воздуха увеличится, и вам станет теплее. Считается, что условиям комфорта соответствует температура 20–22 °С при относительной влажности воздуха 45–50%.

Таблица 4

Зависимость кажущейся температуры воздуха (курсив) от его реальной температуры и относительной влажности

Влажность, %	Температура воздуха, °С										
	21	24	27	29	32	35	38	41	43	46	49
0	<i>18</i>	<i>21</i>	<i>23</i>	<i>26</i>	<i>28</i>	<i>31</i>	<i>33</i>	<i>35</i>	<i>37</i>	<i>39</i>	<i>42</i>
10	<i>18</i>	<i>21</i>	<i>24</i>	<i>27</i>	<i>29</i>	<i>32</i>	<i>35</i>	<i>38</i>	<i>41</i>	<i>44</i>	<i>47</i>
20	<i>19</i>	<i>22</i>	<i>25</i>	<i>28</i>	<i>31</i>	<i>34</i>	<i>37</i>	<i>41</i>	<i>44</i>	<i>49</i>	<i>54</i>
30	<i>19</i>	<i>23</i>	<i>26</i>	<i>29</i>	<i>32</i>	<i>36</i>	<i>40</i>	<i>45</i>	<i>51</i>	<i>57</i>	<i>64</i>
40	<i>20</i>	<i>23</i>	<i>26</i>	<i>30</i>	<i>34</i>	<i>38</i>	<i>43</i>	<i>51</i>	<i>58</i>	<i>66</i>	
50	<i>21</i>	<i>24</i>	<i>27</i>	<i>31</i>	<i>36</i>	<i>42</i>	<i>49</i>	<i>57</i>	<i>66</i>		
60	<i>21</i>	<i>24</i>	<i>28</i>	<i>32</i>	<i>38</i>	<i>46</i>	<i>56</i>	<i>65</i>			
70	<i>21</i>	<i>25</i>	<i>29</i>	<i>34</i>	<i>41</i>	<i>51</i>	<i>62</i>				
80	<i>22</i>	<i>26</i>	<i>30</i>	<i>36</i>	<i>45</i>	<i>58</i>	<i>69</i>				
90	<i>22</i>	<i>26</i>	<i>31</i>	<i>39</i>	<i>50</i>	<i>66</i>	<i>77</i>				
100	<i>22</i>	<i>27</i>	<i>33</i>	<i>42</i>	<i>56</i>	<i>74</i>					

Известно, что зимой воздух в доме становится таким сухим, что иногда даже першит в горле. Объяснением этой сухости холодного воздуха может служить зависимость парциального давления насыщенного водяного пара от температуры – ведь в теплую комнату воздух поступает снаружи, где парциальное давление водяных паров очень мало. Например, если на улице 0 °С и 50% влажности, то такой воздух после нагрева до 20 °С будет иметь относительную влажность всего 13%, т.е. в 4 раза меньше, чем необходимо для комфортных условий. Ну а когда за окном мороз, то влажность воздуха в доме становится еще меньше, и приходится прибегать к помощи увлажнителей. Поэтому же, например, многие комнатные растения зимой рекомендуют поливать чаще, чем летом.

Почему продукты быстро высыхают в холодильнике? В холодильной камере самое холодное место – испаритель – находится сверху, откуда холодный и поэтому более тяжелый воздух опускается вниз. Соприкасаясь с более теплыми продуктами и стенками холодильника, воздух нагревается, а его относительная влажность уменьшается, так как нагретый воздух в состоянии поглотить больше влаги, чем холодный. Таким образом, холодный воздух, нагревшись, сразу становится сухим и отбирает часть влаги у продуктов. Потом теплый, а значит, и более легкий воздух поднимается вверх к испарителю, где охлаждается до первоначальной температуры, но влажность его оказывается выше из-за воды, отобранной у продуктов. Это повторяется несколько раз, пока относительная влажность воздуха не превысит 100%, и тогда на поверхности испарителя появляются капельки воды или кристаллики льда. Так циркулирующий по холодильнику воздух «перевозит на себе» воду от более теплых продуктов к более холодному испарителю. При этом продукты, лишаясь воды, охлаждаются, так как они теряют тепло, необходимое для испарения влаги. Легко посчитать, например, что огурец массой 50 г, потеряв всего 0,1 г влаги, охладится более чем на один градус. Поэтому сухие продукты охлаждаются в холодильнике медленнее, чем влажные. А вообще, лучше хранить продукты в холодильнике в закрытой посуде или влагонепроницаемой пленке, хотя остывать они будут, конечно, медленнее. Чтобы ускорить циркуляцию воздуха и охлаждение продуктов, в современных моделях холодильников используют вентиляторы.

Как избежать запотевания стекол? Влага из теплого воздуха конденсируется на холодной поверхности. Из графика

зависимости давления насыщенных паров от температуры (см. рис.27) следует, что воздух с влажностью 50%, нагретый до 20°C , начнет конденсироваться на поверхностях, если их температура ниже 10°C . Поэтому, когда мы входим с мороза в помещение, у нас сразу запотевают очки, а маска для подводного плавания быстро запотекает изнутри при погружении в воду. Автомобилисты же часто жалуются на запотевание окон внутри неразогретых еще машин. Чтобы не дать образоваться скоплению мельчайших капелек на холодном стекле, необходимо уменьшить поверхностное натяжение воды, из которой они состоят. Тогда капелькам станет энергетически выгодно сливаться друг с другом, образуя пленку воды, которая снова делает окна (или очки) прозрачными. Чтобы понизить величину поверхностного натяжения, можно просто натереть куском мыла поверхность стекла, а потом сделать ее опять прозрачной, растерев какой-нибудь тряпочкой. Таким же образом работают и фирменные антизапотеватели, цена которых часто зависит от фантазии и корысти их производителей. Кроме того, следует помнить, что в прохладную погоду окна автомобиля изнутри не будут потеть, если воздух у внутренней поверхности стекла постоянно движется и когда стекла изнутри уже теплые.

Почему самолет в небе оставляет белый след? Ответ очевиден – по той же причине, по которой при дыхании на морозе появляется туман или иней. В турбинах самолета сгорает углеводородное топливо, а одним из продуктов горения является вода, точнее – ее пар, нагретый до высокой температуры. Горячие водяные пары, вылетая из сопла турбины, сразу начинают конденсироваться, образуя нитеобразное облако, состоящее из мельчайших капелек воды или кристалликов льда, так как температура на такой высоте ниже -40°C (рис.29). Иногда воздух на высоте бывает перенасыщен влагой, которая



Рис.29. Белый след за летящим самолетом

не может конденсироваться только из-за отсутствия так называемых ядер конденсации – мельчайших частиц, например пыли. В таких случаях пролетающий самолет, оставляя за собой частицы сажи – продукт неполного сгорания топлива, вызывает конденсацию перенасыщенных паров атмосферы. Поэтому по интенсивности белого следа от летящего самолета можно судить о влажности воздуха в верхних слоях тропосферы, а значит, и о предстоящей погоде. Быстро исчезающий или едва заметный след говорит о том, что воздух на высоте сухой, а погода будет безоблачной. А если белый след тянется через все небо, то следует ждать ухудшения погоды.

На фотографиях, сделанных со спутников, Земля во многих местах накрыта плотной белой сеткой следов от пролетевших самолетов (рис.30). Было показано, что в некоторых случаях



Рис. 30. Сделанная со спутника над территорией США фотография, на которой видна сетка белых следов от пролетевших самолетов

следы от летящего самолета превращаются в облака площадью от 4000 до 40000 квадратных километров, оказывая влияние на климат. Поэтому, например, прекращение на три дня полетов над территорией США после трагедии 11 сентября 2001 года резко увеличило прозрачность атмосферы, и в результате разница между средней дневной и ночной температурой выросла на 1 °С. Таким образом, белые следы от самолетов служат одним из факторов глобального «затемнения» планеты, противодействующего ее глобальному потеплению.

Чем опасны и чем полезны для человечества водяные пары? Опасны они тем, что относятся к так называемым парниковым газам. В отличие от остальных молекул воздуха (N_2 , O_2 и CO_2), молекула воды асимметрична и поэтому имеет постоянный дипольный момент, что делает ее спектр поглощения очень густым и сложным и дает возможность поглощать инфракрасное излучение в широком спектре частот (рис.31).

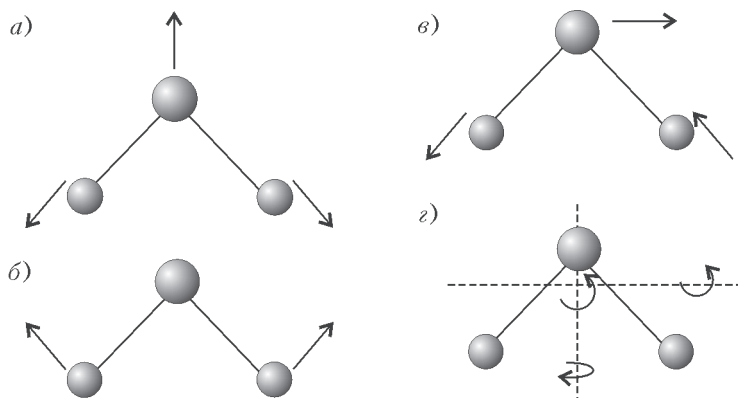


Рис.31. Различные типы колебательных (а-в) и вращательных (г) движений молекулы воды. Стрелками схематически показаны направления движений атомов при этих движениях

Это значит, что водяные пары, находясь в атмосфере, свободно пропускают через себя солнечную коротковолновую радиацию с пиком длины волны около 0,6 мкм, но задерживают инфракрасное излучение Земли с длиной волны около 11 мкм.

Парниковый эффект водяного пара сравним по величине с парниковым эффектом углекислого газа. Многие, однако, считают, что если бы эффекта водяных паров не было, то наша планета никогда бы не отогрелась от космического холода, температура на ее поверхности составляла бы всего около 30 К и жизни на ней, конечно, не было бы. Но в последнее время концентрация водяных паров в тропосфере неуклонно возрастает, и больше всего – в тропических широтах, где каждые 10 лет она увеличивается на 13%. Происходит это из-за постепенного нагревания нашей планеты.

Полезен же водяной пар тем, что образующиеся из него облака отражают часть солнечного излучения, таким образом борясь с глобальным потеплением.

Как разгоняют облака? Наиболее плотные облака, защищающие нас от солнечного света и содержащие много влаги, находятся, как правило, на высоте 2–3 км и содержат много мельчайших (10 – 100 мкм) капелек переохлажденной воды и кристалликов льда при температуре меньше -10°C . Чтобы уничтожить облако, необходимо вызвать появление крупных капель (больше 1 мм) и кристаллов льда в тумане, состоящем из мельчайших капелек воды и микрокристалликов льда, так как образовавшиеся крупные капли и кристаллы упадут на поверхность земли, и облако исчезнет. Для этого в облаках распыляют микрочастицы, которые служат так называемыми ядрами для образования крупных капель и кристаллов. В качестве таких частиц часто используют йодид серебра, кристаллическая структура которого очень похожа на гексагональную структуру кристаллов льда, из-за чего адгезия кристаллов льда и капелек воды к частичкам йодида серебра велика. Поэтому в облаке к кристалликам йодида серебра прилипают молекулы воды и, став тяжелыми от прилипшей воды, начинают падать на землю, унося с собой часть облака.

Еще один способ осаднения облака – его охлаждение. Для этого в облака забрасывают кристаллы «сухого льда» (CO_2), которые, охлаждая облако, вызывают усиленную конденсацию с образованием крупных капель и кристаллов льда.

Есть и другие методы борьбы с облаками. Например, можно разбрасывать в облаках микроскопические крупинки гигроскопических солей (NaCl или KCl), которые, попав в облако, будут притягивать к себе влагу и разбухать, становясь зародышами больших капель. Однако этот метод, как и использование цементной пыли для осаднения облаков, считается экологически небезопасным.

Как искусственный туман помогает сельскому хозяйству?

Наиболее эффективной технологией выращивания растений является метод зеленого черенкования, которым можно размножать различные растения – розы, хризантемы, виноград, многие плодовые и ягодные культуры и даже помидоры. Чтобы растение прижилось, влажность воздуха должна быть близка к 100%, так как зеленые черенки с листьями не имеют собственной корневой системы и влагу и питание они могут получить только через листья. Поэтому выращивают саженцы в теплицах, где время от времени распыляется вода, подаваемая под давлением несколько десятков атмосфер, образуя туман, состоящий из капелек размером не более 30 мкм (рис.32). Туман из более крупных капелек быстро оседает.



Рис.32. Искусственный пар в теплице

Туман в теплице не только насыщает воздух влагой, но и может понижать температуру в ней на несколько десятков градусов, отнимая тепло, необходимое для испарения, что дает возможность использовать теплицы в условиях жаркого климата. Искусственный туман во время ночных заморозков при выращивании в открытом грунте сохраняет тепло, излучаемое землей, направляя его на согрев растений. Это происходит из-за того, что водяные пары интенсивно поглощают инфракрасное излучение.

ОГОНЬ

Что мешает изучать горение на земле? Процесс горения – один из основных физико-химических процессов, который сопровождает человечество на всем пути его прогресса: «Явления, наблюдающиеся при горении свечи, таковы, что нет ни одного закона природы, который при этом не был бы так или иначе затронут» (из книги М. Фарадея «Истории свечи», 1861 г.).

Горение обеспечивает энергией автомобили и теплоэлектростанции, нагревает наши дома и еду и, конечно, рождает пожары и делает нашу атмосферу грязной, приближая глобальное потепление. Изучение процесса горения необходимо для более эффективного расходования углеводородного топлива и защиты от опустошительных пожаров. Несмотря на такую важную роль в нашей жизни, горение изучено явно недостаточно по сравнению с остальными процессами. И для этого есть веская причина – притяжение Земли, из-за которого при горении возникает конвекция (движение воздуха) – нагретый воздух становится легче и устремляется вверх, а холодный воздух приходит ему на смену. Этот поток воздуха приводит к значительному изменению температуры вдоль пламени (рис.33) и значительно усложняет исследование процесса горения. Поэтому изучать горение легче в условиях невесомости.

Как горит падающая свеча? Еще в 1940 году советский ученый Я.Б.Зельдович предложил математическую модель



Рис.33. Схематическое изображение пламени свечи и распределение температур в различных точках пламени при горении в обычных условиях

горения газовой горючей смеси в невесомости. Оказалось, что в этих условиях горение газовой смеси должно происходить в изолированных друг от друга газовых шариках. При этом кислород и топливо поступают в каждый шарик лишь посредством диффузии, и поэтому температура горения в невесомости должна быть ниже, чем в обычных условиях. Только в начале 1990-х годов теория Зельдовича была подтверждена экспериментально.

Для имитации невесомости построили гигантскую (высотой более 100 м) трубу, внутри которой откачивали воздух, а сверху бросали капсулу-лабораторию (рис.34). Как только начиналось

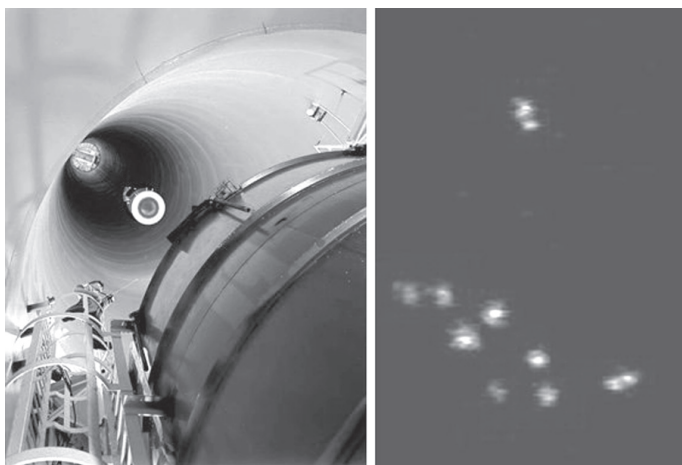


Рис.34. Слева: падение капсулы с горючей смесью внутри вертикальной трубы; справа: мельчайшие горящие газовые шарики, на которые рассыпается пламя в невесомости

падение, длящееся около 5 с, в капсуле с горючей газовой смесью загоралось пламя, рассыпающееся на множество шариков диаметром от 1 до 10 мм, горение которых фиксировали с помощью находящихся внутри видеокамер. Это шарообразное пламя до сих пор служит незаменимой моделью для изучения процесса горения. Пламя горящей свечи при падении тоже резко изменялось, превращаясь из вытянутого вверх в шарообразное.

Зачем в космосе играют с огнем? Несмотря на то что экспериментировать с огнем на космических аппаратах очень опасно, в 1996 году на космической станции «Мир» были сожжены 80 свечей, и оказалось, что свеча, полностью сгорающая на Земле за 10 минут, может гореть на станции в течение 45