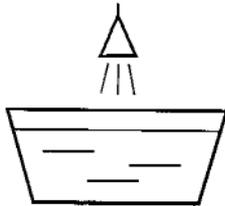




логические параметры ничего не значат для организма, для которого важны лишь значения величин тепловых потоков на кожу. Но и тепловые потоки в банях не измеряются ни приборами, ни «кожей». Человек субъективно чувствует климатическую обстановку в бане не тепловыми потоками, а температурой своей кожи, которая зависит не только от метеопараметров, но и от состояния самой кожи (мокрая или сухая, засаленная или чистая, прикрытая одеждой или нет и т. п.).

Всё это свидетельствует о том, что добиться в бане условий, когда суммарная тепловая нагрузка на организм (как от внешних факторов, так и от внутреннего тепловыделения) была бы строго равна нулю и человек чувствовал бы длительный тепловой комфорт, практически невозможно, тем более, что в первые моменты в бане человек стремится почувствовать явное тепло для подъема температуры конечностей до исчезновения неоощаемой мышечной дрожи. Поэтому в реальной банной практике используют настолько тёплые метеорежимы, чтобы безусловно обеспечивался неуклонный нагрев мокрого тела. При возможных (а порой неизбежных) перегревах человек на время покидает баню для охлаждения (или охлаждает своё тело непосредственно в бане прохладной водой). Указанные процессы попеременного нагрева и охлаждения тела в любительской бане воспринимаются в народе порой как характерная особенность всех русских бань, что вообще говоря, неверно.

В заключение, ещё раз отметим, что вопросы климатологии сверхвысокотемпературных и сверхвлажных помещений («сверхтропического» класса) являются самыми сложными аспектами бань. Учёные до сих пор не могут разобраться с климатологией земной атмосферы и микроклиматологией жилых и рабочих помещений, а микроклиматология бань ещё более сложна, а главное – не столь обычна и привычна для разумения. Для рядового знатока бань, для того, чтобы помыться самому и поучить этому других, нет нужды залезать в дебри науки. Но если человек захочет построить некую особенную баню или разработать новую лечебную методику, ему неминуемо придётся в той или иной степени столкнуться с вопросами численной теории и пойти ещё дальше по этому, прямо скажем, очень нелёгкому пути.



*«Бумага не краснеет, бумага всё терпит»  
(Марк Тулий Цицерон, 106–43 гг. до н. э.),  
а вот депутат в бане, если и терпит, то  
краснеет (В. Жириновский).*

## 5. Физиологическое восприятие бани

В течение многих тысячелетий люди в банях, не имея ни термометров, ни гигрометров, ни измерителей тепловых потоков, успешно обходились простейшими житейскими понятиями типа «тепло» или «холодно», «сухо» или «влажно», «душно» или «свежо», «жарко» или «прохладно», «пар лёгкий» или «пар тяжёлый», «жар сухой» или «жар сырой» и т. п. В предыдущем разделе мы попытались перевести эти понятия на сухой язык цифр и терминов теплофизики и метеорологии. Но главный вопрос остался открытым – как субъективно ощущаются объективные показатели воздуха в бане.

Ранее мы уже установили, что люди в банях (точно так же как и термометры, и гигрометры) воспринимают не параметры воздуха, а состояние самих себя в этом горячем воздухе или на горячем камне. Но в отличие от показаний термометра, ощущения человека в бане не могут быть до конца поняты без учёта особенностей организма человека как живого саморегулирующегося существа. Более того, порой необходимо учитывать даже особенности каждого конкретного человека в данный конкретный момент времени.

### 5.1. Строение кожи человека

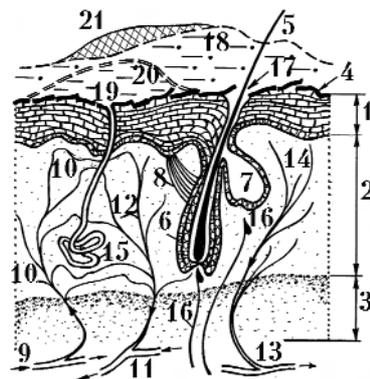
Воздействие воздуха на человека осуществляется через кожный покров, площадь которого составляет 1,5–2 м<sup>2</sup> (при площади теплообмена тела с воздухом в среднем 1 м<sup>2</sup>). Кожа состоит из трёх слоёв: эпидермиса (наружного эпидермального слоя толщиной от 0,03 мм на веках глаз до 1,5 мм на подошвах), дермы (собственно кожи толщиной 0,5–5 мм) и гиподермы (подкожной жировой клетчатки), которая может вообще отсутствовать или, наоборот, достигать значительных толщин до 10 см при ожирении (рис. 47).

Эпидермис отличается высокой механической и химической стойкостью, непроницаем для водных растворов и для возбудителей инфекции. Наружный слой эпидермиса – роговой слой – представляет собой состарившиеся и ороговевшие эпителиальные клетки. Эпидермис имеет свойство самоочищаться путём постоянного отшелушивания (слущивания) поверхности рогового слоя. На смену отшелушившемуся слою, уносящему загрязнения, приходят более молодые клетки из более глубоких слоёв эпидермиса. Между рядами клеток эпидермиса циркулирует межклеточная жидкость, питающая растущие клетки белковыми веществами. При недостатке межклеточной жидкости (когда слишком мало жидкости поступает из дермы или жидкость слишком быстро испаряется с рогового слоя) кожа становится сухой, шелушащейся, раздражительной, болезненной, в эпидермисе образуются трещины, появляется зуд, исчезающий при использовании средств, замазывают поверхность рогового слоя и препятствующих испарению влаги из эпидермиса (так называемых «увлажняющих препаратов»). Натуральным замазкой является кожное сало (эмульсия жиров в воде), выделяемое сальными железами в волосяные фолликулы (каналы) так, чтобы сало смазывало волосы и роговой слой одновременно. В то же время, выделения кожного сала (до 10–50 г в сутки) и пота (с сухим остатком до 5–20 г в сутки) способствуют загрязнению волос и кожи.

Дерма состоит из густо переплетающихся соединительных волокон и немногочисленных клеток. Эластичность волокон придаёт коже упругость, а прочность волокон обеспечивает надёжную механическую фиксацию внутренних органов и тканей. В дерме расположены волосяные фолликулы, потовые железы, кровеносные сосуды, нервные волокна. Гиподерма представляет собой пласт соединительной ткани, смягчающий

Рис. 47. Строение кожи человека.

1 – эпидермис, 2 – дерма, 3 – гиподерма, 4 – роговой слой, 5 – волос с луковицей, 6 – фолликул, 7 – сальная железа, 8 – мышца волоса, 9 – артериальные кровеносные сосуды, 10 – артериальные микрососуды (артериолы), 11 – венозные кровеносные сосуды, 12 – венозные микрососуды (капилляры), 13 – лимфатические сосуды с клапанами, 14 – лимфатические капилляры, 15 – потовая железа, 16 – нервные волокна с рецепторами, 17 – сальная протока, 18 – загрязнения кожи за счёт кожного сала, 19 – потовая протока, 20 – загрязнения кожи за счёт потовых выделений, 21 – внешние загрязнения (пыль, грязь, макияж и др.).



различные механические воздействия на кожу и, кроме того, служащей теплоизолирующей прокладкой.

Жизнедеятельность дермы обеспечивается непрерывными процессами обмена веществ с помощью сердечно-сосудистой системы (кровеносной и лимфатической). Кровь в кожу поступает по артериям, которые разветвляются на тысячи мелких артериол. Последние в свою очередь распадаются на бесчисленное множество кровеносных капилляров, стенки которых обладают высокой проницаемостью. Питательные вещества и кислород переходят через стенки кровеносных капилляров в тканевую жидкость, а затем в клетки. В то же время клетки отдают в тканевую жидкость, а затем в кровеносные капилляры углекислый газ и продукты жизнедеятельности. Загрязнённая кровь, продвигаясь по кровеносным капиллярам, поступает в мельчайшие вены (венулы), затем во всё более крупные вены и, наконец, правое предсердие.

Однако, часть тканевой жидкости поступает в совсем иные капилляры, лимфатические, представляющие собой замкнутые с одного конца (слепые, глухие) трубочки с высокой проницаемостью стенок. Соединяясь друг с другом лимфатические капилляры образуют лимфокапиллярную сеть, из которой берут начало лимфатические сосуды, имеющие клапаны, препятствующие обратному току лимфы. В результате сокращения мышц тела, лимфа поступает по лимфатическим сосудам в лимфатические узлы, где образуются лимфоциты, придающие организму свойства сопротивляемости воздействиям чужеродных (в том числе инфекционных) агентов (иммунитет), после чего лимфа попадает в вену. При нарушении работы лимфовыводящих систем в коже развивается отёк, который может быть уменьшен за счёт искусственного (принудительного) массажа, а также за счёт активной работы потовых желёз, опустошающих кровеносные капилляры, которые в свою очередь «всасывают» тканевую жидкость из дермы. Таким образом, баня (также как и горячая ванна, и горячий душ) может быть полезна не только тем, что очищает поверхность кожи, но и тем, что расширяет кровеносные капилляры, ускоряя обмен веществ и тем самым насыщая тканевую жидкость кислородом, а также тем, что помогает удалить излишки тканевой жидкости потением и массажем, причём массаж может повысить иммунитет.

В банной литературе потообразование обычно рассматривается упрощённо: в нормальном состоянии потовые протоки сужены, но по сигналам терморцепторов протоки (поры) открываются, что обеспечивает свободное истечение пота. Ясно, что если устья потовых протоков забиты кожным салом, то истечение пота затруднено. Продвижение воды (или водяных растворов) по капиллярам с испарением на открытом конце капилляра называется в физиологии растений транспирацией (от ла-



тинских слов *trans* – через и *spiro* – дышать, выдыхать). В быту испарение пота с кожи также называется «дыханием кожи», хотя этот процесс не имеет ничего общего с потреблением кислорода. В банной практике возникновение пота связывается исключительно с необходимостью охлаждения тела испарением. В условиях покоя человек выделяет 0,5 литра пота в сутки, а при физических нагрузках до 2 литров в час.

На самом же деле процессы потообразования являются много более сложными. Во-первых, пот вырабатывается вовсе не потовыми протоками, а вполне конкретными, локальными и неподвижными потовыми железами в дерме. Так что расхожие в банном быту представления о том, что пот, мол, в бане по мере прогрева тела истекает из всё более глубоких слоёв кожи, и даже из мышц, в корне неверен.

Во-вторых, потовыделение происходит непрерывно, но не самотёком, а благодаря ритмическим сокращениям мускулатуры потовой протоки, так что потовыделение происходит даже тогда, когда человек погружён в горячую воду. Сам пот образуется в клубке потовой железы ультрафильтрацией крови, поступающей из сети артериол, оплетающих клубок (рис. 48). Потообразование управляется (иннервируется) от нервных сплетений, в частности, в подкожном слое и в дерме, причём химически под действием многих веществ. Так, например, адреналин и ацетилхолин возбуждают, а атропин блокирует секрецию пота. Образующийся в миоэпителиальных клетках железы пот выдавливается сокращениями клеток под давлением в потовой проток, а затем за счёт сокращения мускулатуры протока на кожу.

В-третьих, потовые протоки в области устья (поры) выходят часто не на поверхность кожи, а закрыты слоем ороговевших клеток эпидермиса, которые хоть и разрыхлены в зоне поры, но ощутимо ограничивают выход просачивающегося пота, особенно, если эпидермис загрязнён кожным салом. Неспособность пота выйти наружу вызывает чувство зуда, разновидности боли, особо проявляющейся, естественно, при возбуждении потовых желёз (например, при перегреве тела), что и заставляет человека чесаться. Поэтому, чтобы кожа не зудела, необходимо не только отмыть кожное сало, но и соскоблить слой ороговевших клеток устьев потовых протоков, предварительно распарив их.

В-четвёртых, потовые железы бывают обычными (экриновыми) и специфическими (апокриновыми). Обычные потовые железы (около 2 млн. шт.) размещены по всему телу (в том числе и подмышками), выделяют слабопахнущий (или вовсе непахнущий) пот, предназначенный только для испарения и увлажнения, содержащий помимо солей только продукты азотистого обмена. Специфические же потовые железы расположены в подмышечных впадинах, паховой и околоанальной областях, связаны

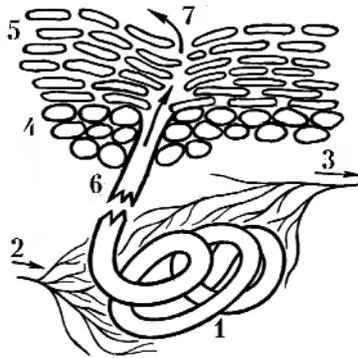


Рис. 48. Строение потовой железы и протоков. 1 – клубок потовой железы, расположенной вблизи границы дермы с гиподермой, 2 – артериальные кровеносные сосуды, питающие потовую железу, 3 – венозные кровеносные сосуды, 4 – внутренние слои эпидермиса (блестящий, зернистый, шиповатый, базальный), 5 – верхний слой эпидермиса (роговой), состоящий из ороговевших клеток, постепенно отшелушивающихся, 6 – протока потовой железы, 7 – пот, просачивающийся через разрыхлённый канал в роговом слое (через пору).

с половой функцией и выделяют пот с большим количеством белковых веществ, которые разлагаясь, пахнут и придают человеку известный «запах пота». В европейских странах «запах пота» считается «неприличным». В то же время у многих народов Азии и Африки запах пота очень ценится, считается пикантным, привлекающим, возбуждающим. Так что пот бывает разным. Функции пота не ограничиваются охлаждением.

Пот человека содержит в среднем 0,5% хлорида натрия, 0,1% мочевины, а также до 1,5% других сложных (видимо, липидных) органических веществ, в быту называемых шлаками, которые переходят в пот из крови. Напомним, что жидкая часть крови (плазма), составляющая (55–65)% всей крови, содержит до 0,9% хлорида натрия, до 0,8% липидов, до 0,03% хлорида калия, до 0,01% солей кальция, до 0,002% солей магния и до 0,08% мочевины. Лимфа близка по составу к плазме крови. И хотя пот на (98–99)% состоит из воды, скорость испарения пота может быть намного меньше скорости испарения воды, поскольку на поверхности пота «плавает» плёнка жироподобных (липидных) поверхностно-активных веществ с высокой температурой кипения и, кроме того, на коже постепенно накапливается много соли, а она затрудняет испарение пота. Смывая эти вещества, мы даём коже «легко дышать», поскольку легко испаряется только малосолёный «свежий пот» с чистого тела.

Наибольшее число слабопахнущих эккриновых потовых желёз (до 300 шт./см<sup>2</sup>) расположено на коже ладоней и стоп. Эти железы предназначены только для смачивания кожи в целях предотвращения скольжения ладоней, обеспечивают надёжное удержание предметов и не имеют никакого отношения к терморегуляции. При эмоциональных волнениях особо потеют ладони и ступни ног (ещё со времён обезьян привыкшие мгновенно подготавливать лапы к прыжкам по деревьям). При испугах выделяющийся адреналин вызывает мгновенный обильный «холодный» пот по всему телу.

При тепловых же нагрузках потовыделение на ладонях не увеличивается, а формируются совсем иные потовые «поля» – вокруг носа, на лбу, шее, запястьях, на ногах ниже колен и особенно на спине в виде знаменитого ромба (шея, лопатки, поясница). Это означает, что в сухих саунах охлаждение тела за счёт испарения происходит через эти зоны «потовых полей». А вот губы вообще потовых желёз не имеют и нагреваются больше всего.

Потовые железы являются также основным транспортным путём возможного проникновения жидких водорастворимых веществ в организм. Так, раздражающее действие горчичников, скипидара, финалгона, перцового пластыря значительно усиливается на чистой коже с очищенными устьями потовых протоков. Потовые протоки, особенно те, которые выходят не непосредственно на поверхность кожи, а в разрыхлённые каналы в роговом слое (поз. 7 на рис. 48), могут удерживать сторонние вещества. Так, после мытья мылом потовые протоки и разрыхлённые каналы в роговом слое удерживают это мыло (а также запахи, в том числе запахи веника). В этом легко убедиться: достаточно после мытья головы с мылом пропариться в парной и сразу же почувствовать, как начинает «есть глаза» от мыла, вымываемого потом из потовых протоков. Так что попотеть в парилке после мытья с мылом и очистить при этом протоки от мыла бывает очень полезно, вопреки расхожим воззрениям, запрещающим использование мыла до парилки якобы во избежание пересушивания кожи, а в действительности только из-за неприятных ощущений, связанных с раздражением глаз вымываемым мылом.

На принципе удержания потовыми протоками химических веществ работают и косметические препараты по предотвращению запаха пота – антиперспиранты. В отличие от дезодорантов (отдушек), заглушающих своим запахом запах пота и дезодорантов (антисептиков), замедляющих разложение белковых примесей в поте, антиперспиранты содержат оксихлориды (хлоргидраты) металлов (алюминия, титана, циркония), дающие при реакции с водой гели (студни) гидратов окисей металлов  $Me(OH)_nCl_m + H_2O \rightarrow Me(OH)_{m+n} + HCl$ . Оксихлориды в спиртовом растворе сначала проникают в разрыхлённые каналы рогового слоя, а затем и в потовые протоки и при появлении влаги (пота) превращаются в студни, закупоривающие устья потовых протоков. Этот процесс, видимо, в какой-то степени вреден для здоровья, но незаменим для представительских целей. Во всяком случае, при использовании антиперспирантов требуется особо тщательная очистка пор при мытье кожи.

Пот образуется из крови: у человека все железы вырабатывают секрет из воды крови, даже молочные. Сердце перекачивает в состоянии покоя 5–6 литров крови в минуту, а при значительных физических нагрузках

ках в 5–6 раз больше. Время полного кругооборота крови в организме составляет таким образом 1 минуту в состоянии покоя и 10 секунд при больших физических и тепловых нагрузках. При этом скорость движения крови в капиллярах в состоянии покоя составляет (0,05–2,0) см/сек, в венах 10–20 см/сек, а в артериях 20–50 см/сек. Такие величины потоков жидкости в сотни раз превышают величины лимфатических и потовых потоков. Так в обычных условиях в состоянии покоя человек выделяет 0,5–0,7 литра пота в сутки, что соответствует мощности охлаждения за счёт испарения пота (13–18) Вт. В экстремальных условиях высоких перегревов и высоких физических нагрузок скорость выделения пота достигает 2 литров в час, что соответствует мощности охлаждения при испарении пота 1200 Вт.

Течение крови обеспечивает непрерывный теплоперенос внутри тела, выравнивающий поле температур в тканях. Так, если кровь где-то нагревается на 1°С (например, в коже), а затем отдаёт полученное тепло где-то внутри тела, то соответствующий тепловой поток внутри тела составит 0,3 кВт в состоянии покоя и до 1,5 кВт при больших физических нагрузках. Величины такого порядка и должны отвечать физическим нагрузкам на производстве и тепловым потокам в банях (см. раздел 4.7). Увеличение потока крови при физической нагрузке (а также при перегреве) осуществляется сначала за счёт расширения артериол, а затем за счёт увеличения частоты сердечных сокращений (пульса). Расширение кровеносных сосудов и потовых протоков осуществляется при повышении температуры тела по сигналам центральных (внутренних) термометров нервной системы, расположенных в головном и спинном мозге и омывающихся кровью, двигающейся в сосудах. Расширение кровеносных сосудов кожи приводит к перетоку в них крови из внутренних кровеносных сосудов и, как следствие, к временному снижению артериального давления в организме.

Кровеносные микрососуды в дерме терморецепторов не имеют. Но в дерме расположена густая сеть нервных волокон, заканчивающихся самыми разнообразными наружными (периферическими) рецепторами: болевыми, тактильными, холодовыми, тепловыми. Самый распространённый тип кожных рецепторов – свободные нервные окончания, воспринимающие в основном болевые ощущения, связанные с нарушениями целостности кожи (100–200 рецепторов на один квадратный сантиметр кожи). Тактильные рецепторы воспринимают механические нагрузки-прикосновения (20–30 шт./см<sup>2</sup>). Холодовые рецепторы (колбы Краузе) реагируют на охлаждение кожи (12–15 шт./см<sup>2</sup>). Тепловые рецепторы (тельца Руффини) реагируют на нагрев кожи и весьма немногочисленны.



численны 1–2 шт./см<sup>2</sup>, у человека насчитывается всего около 30 тысяч тепловых рецепторов (кожных терморепцепторов).

Отметим в заключение, что эккриновые потовые железы имеются только у людей, обезьян и копытных (лошадей). Хищники (кошки, собаки) и грызуны (мыши) пот для охлаждения тела практически не выделяют.

### 5.2. Реакция организма на тепловые воздействия

Человек с нормальной температурой тела и кожи, попадая в жаркую или холодную среду (воздушную или водяную) не просто испытывает определённые ощущения, но и проявляет столь же определённые рефлекторные (непроизвольные, в том числе врождённые) реакции.

Во-первых, любой холодный или горячий раздражитель воздействует прежде всего на терморепцепторы в коже. В результате быстрой ответной реакции наблюдается спазм мелких сосудов кожи и, что ещё более важно, спазм мышц (вздрагивание). Это чисто оборонительный рефлекс, тесно связанный с эмоциональными реакциями боли и страха, всем известный в быту как непроизвольное отдёргивание руки при прикасании к горячему предмету. Чем быстрее изменяется температура кожи, тем более энергично проявляется реакция организма, тем более болезненны, а точнее, тем хуже переносятся соответствующие ощущения. Однако, если нагрев или охлаждение идёт медленно, спазматические реакции ослабевают и даже исчезают. Это явление называется привыканием (акклиматизацией, приспособлением к новым условиям) и характерно для человека не только в плане термических воздействий. В отношении привыкания возможности человека иногда ошеломляют. Если человека поместить в приятную тёплую воду, а затем медленно охлаждать её, то человек (особенно спящий) может умереть от переохлаждения, так и не почувствовав опасного рубежа. Но если человека сразу же поместить в холодную воду (даже вовсе не опасную для жизни по температуре), то последует бурная эмоциональная реакция с физическими вздрагиваниями и даже, возможно, с шоком. Аналогично, если воду очень медленно нагревать, то человек также может не осознать опасного рубежа перегрева. Баня отличается от ванны и душа тем, что человек нагревается за счёт горячего воздуха, имеющего низкую теплопроводность. Поэтому тело человека в бане нагревается относительно медленно: кожа за несколько минут до 40°C, тело – за несколько десятков минут. Никаких особо бурных реакций (кроме случаев ошпаривания из каменки) обычно не наблюдается. Горячая вода в ванне или душе нагревает кожу мгновенно (за секунды). Поэтому в горячую воду даже

с абсолютно безопасной температурой 39–40°C сразу всем телом не погрузишься: тут же срабатывают защитные системы организма, и человек тотчас из такой воды выскакивает. Но если прогреть тело медленно, как в японских сенто и фуру, то можно выдержать горячую воду в ванне с температурой 45°C. Известно, что сам факт термического ожога (нагрева кожи до 55°C и выше) человек ощущает по предшествующему процессу быстрого подъёма температуры кожи в безопасном интервале температур (пока ещё терморцепторы в коже «живы»). Всё это означает, что при всех возможных приёмах мытья (в банях, ваннах, душах) процесс распаривания кожи для размягчения рогового слоя и очистки устья пор от кожного сала и засохших роговых клеток должен осуществляться безболезненно при постепенном повышении температуры тела, то есть в условиях привыкания (см. раздел 5.3). В то же время в экстремальных физиотерапевтических банях тренируют быстрые рефлексы вегетативной нервной системы, управляющей кровеносными сосудами и потовыми железами, методами закаливания в ходе контрастных процедур.

Во-вторых, любое достаточно продолжительное изменение температуры кожи ведёт ко второй рефлекторной реакции – расширению кровеносных сосудов кожи (артериол). Организм пытается тем самым повысить температуру кожи в случае её охлаждения и, наоборот, понизить в случае нагрева. Этот процесс более медленный, чем спазматический, наступает не сразу, так как управляется рецепторами, расположенными под кожей. Если температура кожи поднимается медленно, и спазматическая стадия вследствие этого подавлена, то банная процедура воспринимается комфортно, и сосудорасширяющая реакция становится первым ответом на температурный раздражитель. Человек чувствует явное тепло, глубоко проникающее в тело. Внешним проявлением расширения кожных сосудов является покраснение кожи (гиперемия) как при нагревах, так и при охлаждениях. Гиперемия сопровождается повышением пульса и снижением артериального давления (поскольку кровь дополнительно перераспределяется в расширившиеся кровеносные сосуды). Это здоровая ответная реакция, свидетельствующая о благополучии организма. Сосудорасширяющая реакция безусловно самая полезная для организма, поскольку обеспечивает обмен, особенно в проблемных участках с плохоразвитой кровеносной системой. «Повышенный обмен» – это медицинский термин, означающий, что ускоренный кровоток быстрее подводит к клеткам необходимые (в том числе и лекарственные) вещества и отводит ненужные (вредные) продукты жизнедеятельности клеток. Отметим, что сосудорасширяющая реакция с усилением сердечной деятельности наблюдается не только при тепловых и холодо-



вых воздействиях, но и при действии многих других физических и химических раздражителей кожи. В частности, расчёсывание кожи венником или мочалкой значительно повышает покраснение кожи, особенно распаренной.

В-третьих, может случиться так, что циркулирующая кровь уже перестаёт справляться со своей задачей по поддержанию температуры кожи на приемлемом уровне. Несмотря на большое количество крови (4–6 литров), она начинает нагреваться или охлаждаться и тем самым нагревать или охлаждать внутренние (подкожные) органы в опасных для организма пределах. Тогда по сигналам терморецепторов, расположенных в кровеносных сосудах мозга, в действие вступает третья очередь рефлексов: озноб (ощущаемая дрожь мышц тела) при переохлаждении и потовыделение при перегреве внутренних органов. Это также здоровые формы ответных реакций, хотя к ознобу зачастую относятся с опаской, ошибочно отождествляя его с заболеванием. Известно, что многие дикие животные безостановочно дрожат всю зиму от холода (даже во сне) без видимых вредных последствий для здоровья. Озноб же, вызванный болезненным состоянием организма и призванный повысить температуру тела выше нормальной (а не восстанавливать нормальную температуру при замерзании), называют лихорадкой. Её характерной чертой является подавление потовыделения при высокой температуре тела за счёт спазм кожных кровеносных и потовых сосудов.

В-четвёртых, если организм всё же не может своими рефлекторными действиями предотвратить опасный перегрев тела, то почувствовав характерные симптомы недомогания (головокружение, тошноту, слабость), человек, всё ещё контролирующий своё состояние, выполняет уже осознанные действия: открывает окна и двери, включает вентиляцию, охлаждается водой или покидает горячее помещение. Отметим, что ощущения и рефлекс у перегревшегося человека могут быть совершенно необычными. Так, например, сильно перегревшийся в бане человек ощущает холодную воду как кипяток.

Вышеописанная картина является, конечно, весьма упрощённой, но правильно отражает основной факт: все рефлекторные реакции являются вполне естественными, предусмотрены самой природой при рождении и развитии человека и не могут быть вредными. Можно сказать, что жизнь во вредных (читай новых) условиях (при избытке или недостатке физических нагрузок, при недоеданиях и перееданиях, при перегревах и переохлаждениях, при химических и радиационных воздействиях и т. п.) является нормальным образом жизни человека и не опасна при малой скорости изменений внешней среды (при привыкании – приспособляемости).

### 5.3. Понятие переносимости

Не затрагивая медицинских вопросов вредности или полезности тех или иных банных условий, рассмотрим физиологические возможности человека как живого существа вынести те или иные метеорологические условия за какое-то заданное время. Переносимость – это субъективный параметр, показывающий, какое время может выдержать человек те или иные условия или те или иные тепловые нагрузки. Понятие переносимости не затрагивает объективных вопросов последствий воздействий внешней среды (вред, недомогание, смерть), а просто указывает на то, что есть определённое время, после которого нахождение человека во внешней среде становится невыносимым, и человек либо рефлекторно, либо осознанно, либо с помощью других людей покидает помещение бани.

Выше мы уже дали понять, что не склонны отождествлять тело человека в бане (и не только в бане) с куском неживой материи. Человек – это живое саморегулирующееся существо, активно взаимодействующее с внешними условиями. Ощущения тепла и холода – это отклик органов чувств в виде информации для мозга для размышлений и принятия решений. Ощущение непереносимости – это тоже информация о том, что воздействие внешних факторов настолько чрезмерно, что органы чувств перестают объективно и правильно оценивать возникшую оперативную обстановку в организме человека. Это призыв к мозгу немедленно принять какие-либо оборонительные меры.

Мы в этой в общем-то далеко не медицинской книге не в состоянии проследить всю цепь причинно-следственных связей в организме, в чём-то даже пока и не известную большой науке. Поэтому, со всеми приличествующими оговорками мы в качестве исходной, конечно же, грубой модели примем, что человек состоит из тела (внутренних органов) с теплопроводностью  $0,5 \text{ Вт}/(\text{м град})$  и теплоёмкостью  $3,5 \text{ кДж}/(\text{кг град})$  и из слоя кожи толщиной примерно  $1 \text{ см}$  (с учётом жировой клетчатки) с примерно той же теплопроводностью и теплоёмкостью. Если бы тело (внутренние органы, ткани) были бы просто «мясом», то тепловые потоки внутри тела не могли бы превышать  $(5-50) \text{ Вт}/\text{м}^2$ , но поскольку тело является живым (по крайней мере в том смысле, что в нём по сосудам постоянно течёт кровь), то тепловые потоки внутри тела могут достигать  $(300-1500) \text{ Вт}/\text{м}^2$ . А вот в коже кровеносных сосудов мало, поэтому способность переноса тепла у кожи низка, вследствие чего уже при умеренных тепловых нагрузках поверхность кожи может перегреваться. Таким образом тело (внутренние органы, ткани) можно считать изотермическим образованием с примерно одинаковой повсюду температурой.

Тело (внутренние органы) получает тепло от внутренних биохимических процессов, а также через кожу, причём через одни участки кожи тело может нагреваться (например, от тёплого камня в турецкой бане), а через другие – охлаждаться (например, испарением пота), и это бывает физиологически нормальным. При тепловых дисбалансах тело может постепенно нагреваться, а повышенная температура неблагоприятна для организма и приводит к недомоганию (дурноте) ввиду ухудшения связывания кислорода гемоглобином крови в лёгких. Почувствовав перегрев, организм человека предпринимает оборонительные действия (вызывает выделение пота), и если это не помогает, наступает кризис, который мы будем называть непереносимостью телом.

Непереносимость кожей имеет несколько иную природу: хватаясь за горячую ручку сковородки, вы тотчас понимаете, что вам не удержать её более 2–3 секунд, даже если вы будете интенсивно потеть и охлаждать другую руку холодной водой из-под крана. Неperеносимость кожей исключительно локальна, причём терморецепторы сравнивают локальные температуры кожи с температурой тела, то есть перепад температуры на коже. Поэтому кожа в обычном состоянии очень чувствительна к температурным воздействиям, а в состоянии с расширенными кровеносными сосудами в коже чувствительность кожи снижается, поскольку циркуляция крови снижает перепады температур в коже.

Переносимость может заметно отличаться у разных людей и даже у одного и того же человека в разные периоды времени. Так, например, в состязаниях по сауна-спорту один и тот же участник может просидеть в сауне то 15 минут, а то лишь 10 минут. И это нормально, так как самочувствие человека не может быть стабильно рекордно хорошим или рекордно плохим. Поэтому все последующие численные оценки следует понимать как иллюстрацию качественных закономерностей.

Обычно непереносимость возникает в двух вышеописанных случаях: при чрезвычайно быстром темпе (большой скорости) нагрева кожи и при чрезмерном перегреве внутренних органов (безотносительно к скорости нагрева).

Тело человека способно, по крайней мере кратковременно, безболезненно выдержать температуру воды 45°C, губы до 90°C. Однако сразу опустить ноги в воду можно лишь при температурах не выше 40°C (тёплая вода). При более высоких температурах воды (даже безопасного условия 45°C) скорость подъёма температуры кожи становится настолько высокой, что появляются болезненные ощущения, и человек стремится (в том числе и неосознанно, а рефлекторно) выдернуть ноги из воды. После нескольких непродолжительных погружений ноги уже нормально выдерживают температуру 45°C.

При определении скорости повышения температуры кожи приходится подсчитывать, с какой скоростью поступает тепло на кожу и с какой скоростью это тепло уходит из кожи внутрь тела. Если тепловые потоки на кожу настолько велики, что тепло «не успевает» уходить внутрь тела, то кожа будет непрерывно нагреваться. Это значит, что рано или поздно человек не сможет терпеть всё возрастающую температуру кожи. Предполагая, что резкий подъём температуры кожи до  $(40-42)^{\circ}\text{C}$  человек ещё может перенести безболезненно, можно подсчитать тепловой поток через кожу с теплопроводностью  $0,5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$ . При характерной глубине расположения крупных кровеносных сосудов порядка  $1 \text{ см}$  (обеспечивающих постоянство температуры внутри тела), этот тепловой поток внутрь тела в соответствии с простейшим расчётом составит ориентировочно  $(0,1-0,2) \text{ кВт}/\text{м}^2$ . Такой тепловой поток из кожи внутрь тела может легко распространяться затем по всему телу за счёт кровеносной системы, способной перенести  $0,3 \text{ кВт}/\text{м}^2$  и более. Величину  $0,2 \text{ кВт}/\text{м}^2$  назовём уровнем привыкания неразогретого тела (Ю.М. Хошев. БАНБАС, 1/25, 2003 г., стр. 51). Если тепловой поток на кожу человека (с условной поверхностью тела  $1 \text{ м}^2$ ) составляет менее  $0,2 \text{ кВт}/\text{м}^2$ , то это тепло «успевает» уходить («рассасываться») внутри тела. Это означает, что человек хорошо переносит такой темп нагрева: время переносимости кожей такого теплового потока очень велико (пока не перегреется само тело целиком).

Отметим, что покрасневшая кожа за счёт усиленных потоков крови становится значительно более теплопроводной, и уровень привыкания разогретого тела возрастает до  $1 \text{ кВт}/\text{м}^2$  и выше. Это означает, что человек с покрасневшей кожей не только хуже оценивает жару и холод, но и легче, и безопасней их переносит, поскольку кожа (вместе с терморепцепторами, которые в ней расположены) при наличии интенсивного кровотока не может быстро ни охладиться, ни нагреться. Кстати, именно из-за большого количества кровеносных сосудов губы человека и рот легко выдерживают прикосновение горячих жидкостей. В дальнейшем мы будем рассматривать лишь ощущения неразогретого тела.

На рис. 49 представлена кривая переносимости неразогретой кожей тепловых потоков, построенная по результатам измерений в сталелитейных производствах. Видно, что при введённом нами уровне привыкания переносимость кожей на самом деле очень велика. Затем по мере увеличения теплового потока переносимость кожей снижается до минут, а потом и до секунд (рис. 50).

Естественно, особо жаркая баня с временем переносимости кожей (возможным временем пребывания) в несколько секунд не может эксплуатироваться даже как экстремальная баня. Для банного процесса необходима хотя бы минута.

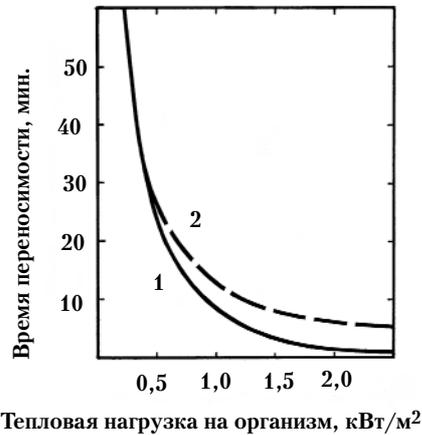
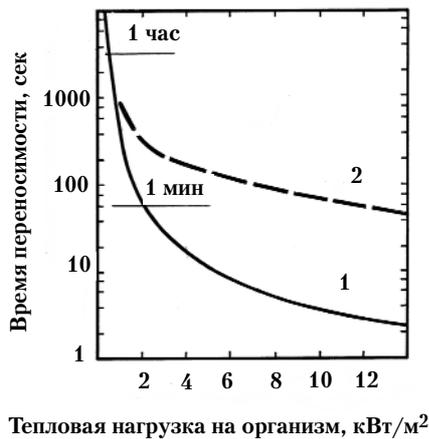


Рис. 49. Время переносимости человеком тепловых нагрузок на организм в области низких тепловых потоков. 1 – переносимость кожей, 2 – переносимость телом.

В то же время перегрев всего тела (внутренних органов) также приводит к непереносимости, но уже не за счёт непереносимости ощущений на коже (даже на одном каком-либо участке кожи в виде жжения и пощипывания), а ввиду ухудшения общего самочувствия человека (повышения частоты пульса, головокружений, слабости и т. п.). Зная

массу тела среднестатистического человека и его теплоёмкость, легко подсчитать характерное время нагрева всего тела человека до 39°C (условно) при тех или иных тепловых нагрузках. Это время назовём переносимостью тепловых нагрузок телом (рис. 49, 50). Видно, что переносимость телом во много раз больше, чем переносимость кожей при больших тепловых нагрузках, то есть при интенсивном нагреве человек покидает баню из-за появления жжения кожи, а не из-за ухудшения общего самочувствия. Но со снижением тепловой нагрузки переносимости кожей и телом сближаются. Это вполне понятно, поскольку при приближении к уровню привыкания переносимость кожей и телом приобретают одинаковый смысл (температура кожи приближается к температуре тела, поскольку тепло «успевает» уйти внутрь тела).



Подобная зависимость переносимости от величины теплового потока не является какой-то специфической особенностью бань и организма человека, а характерна для многих явлений в природе. Так, если вы запекаете мясо на вертеле, то при малых тепловых потоках (при использовании

Рис. 50. Время переносимости человеком нагрузок на организм в области высоких тепловых потоков. 1 – переносимость кожей (Л.А. Глушко «Защита от перегрева в горячих печах», М.: Металлургия, 1963), 2 – переносимость телом.

углей и поливании водой, вином, уксусом) мясо успешно (хотя и долго) пропечётся внутри. Но при больших тепловых потоках (при использовании открытого огня) мясо просто обуглится, так и не нагревшись внутри. То есть и в кулинарии продукты могут «не вынести» высокие тепловые нагрузки из-за термического разрушения внешнего (наружного) слоя.

В заключение отметим, что вне зависимости от времени переносимости кожей значение времени переносимости телом показывает, сколько времени надо греться в тех или иных условиях, чтобы прогреться всем телом.

#### 5.4. Зависимость ощущений от метеоусловий

Любители бань привыкли оценивать жару в бане по времени переносимости. Если время переносимости большое, то говорят «тепло», если время переносимости маленькое – говорят «жара». Например говорят: «Такая жара в бане, что и минуты не выдержать».

Зная зависимость тепловых нагрузок от метеоусловий (см., например, рис. 45 и 46) и зависимости переносимости тепловых нагрузок (рис. 49 и 50) можно оценить переносимость конкретных метеоусловий, а затем предсказать и возможные ощущения человека.

Низкие тепловые нагрузки (менее  $0,2 \text{ кВт/м}^2$ ), отвечающие режимам привыкания и временам переносимости более 1 часа, воспринимаются человеком просто как обычное тепло, например, от одеяла или одежды. Нагрев кожи (и тела) при этом не ощущается поскольку при столь низких тепловых потоках температура кожи не может «оторваться» от температуры тела. Человеку рано или поздно в этих условиях может стать даже жарко (в том числе и в инфракрасных «саунах», имеющих как раз такие тепловые потоки), но ощущения тепла весьма неустойчивы: даже слабое дуновение ветерка или смачивание водой способно полностью изменить всю картину ощущений до тех пор, пока тело человека и его кожа не нагреются до температуры выделения пота. Вместе с тем этот уровень тепловых нагрузок часто используется в физиотерапии (например, в УВЧ-прогреве). Широко применяется он и в знахарстве (целительстве) в качестве «жизненного» тепла (тепла «жизни», луча «жизни»), в частности, при «лечении» возложением рук (приближениями ладоней). При этом «полезный» эффект «доказывается» тем, что к такому теплу человек привык ещё в утробе матери. Во всяком случае, при низких тепловых нагрузках в банях необходимы режимы, близкие к хомотермальным, когда процессы охлаждения испарением невозможны (как в термах и хаммамах).

Средние (умеренные) тепловые нагрузки ( $0,2\text{--}1,0 \text{ кВт/м}^2$ ), уже превышающие тепловыделение от физических нагрузок и отвечающие време-



нам переносимости в десять минут, воспринимаются кожей уже как явное отчётливое тепло, мягко и глубоко проникающее в тело («под кожу»). Входя с холода в помещение с такой метеообстановкой как бы вздрагиваешь «от мороза». Указанные тепловые нагрузки полезны в «теплянках» (теплушках), то есть специальных тёплых помещениях (вагончиках) на производствах для согревания людей, застудившихся на морозе.

Большие тепловые нагрузки (1–3 кВт/м<sup>2</sup>), отвечающие времени переносимости 1–10 минут, воспринимаются кожей как жара, как мощное тепло, глубоко «вцепившееся» в тело, как горчичник с пощипываниями и покальваниями, но терпимое. Этот режим наиболее любим знатоками бань именно за приятное пощипывание кожи, особенно ушей. Пощипывания наиболее ярко проявляются в первые минуты пребывания в бане, затем кожа прогревается, наполняется кровью (особенно при хлестании веником) и острота ощущений снижается (из-за повышения времени переносимости покрасневшей кожей). Эти приятные пощипывания усиливаются при раздражении кожи жёсткой мочалкой (желательно колючей) и обливаниях горячей водой.

Тепловые потоки свыше 3 кВт/м<sup>2</sup>, отвечающие времени переносимости менее минуты, воспринимаются как экстремальные жгучие воздействия на кожу, уже вызывающие неосознанное стремление «отпрянуть». Такие воздействия применяются обычно лишь эпизодически при взмахах веника на короткие промежутки времени (секунды, поскольку аналогичны лёгкому ошпариванию). Отметим, что все эти ощущения пощипываний, покальваний, ошпариваний присущи тепловым потокам любой природы, не только от горячего влажного воздуха, но и от горячей воды. Например, горячий душ даёт те же самые ощущения, что и горячая баня.

Предложенная классификация ощущений весьма условна и ориентировочна. Она изменяется от человека к человеку, но самое главное относится к первым минутам нахождения человека в бане. Прогревшись и покрасневшись, человек становится менее чувствительным к тепловым нагрузкам, поскольку прикожный слой с расширившимися кровеносными сосудами легче проводит тепло, и уровень привыкания существенно возрастает.

В качестве численного примера рассмотрим на предмет переносимости самые обычные для бытовых бань хомотермальные метеоусловия (рис. 51). Напомним, что в отсутствии вентиляции и холодных (с температурой ниже 40°C) элементов, осушающих воздух в бане, любое помещение стремится к хомотермальным метеоусловиям ввиду увлажнения воздуха дыханием и испарением воды, которой моются.

Если движений воздуха нет и лучистые потоки отсутствуют (то есть при температуре стен, потолка и пола на уровне 40°C), то переносимость

хомотермального режима (кривая 3) велика (от получаса до нескольких часов). Это следствие того, что неподвижный воздух является очень «тёплой одеждой» (защищающей и от жары, и от холода) ввиду низкой теплопроводности. При равенстве температур воздуха и стен (в изотермической бане) и характерных (весьма умеренных) скоростях воздушных потоков 1 м/сек тепловые нагрузки при температурах больше 80°C могут стать

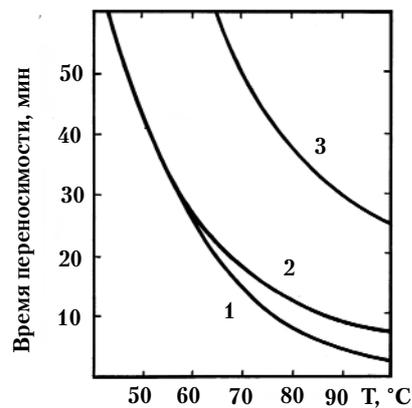
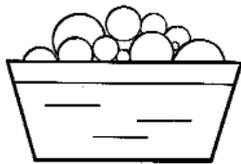


Рис. 51. Время переносимости хомотермального режима с температурой  $T$  при скорости движения воздуха 1 м/сек (см. кривую 1 на рис. 45): 1 – переносимость кожей, 2 – переносимость телом. Кривая 3 – переносимость телом и кожей хомотермального режима при отсутствии лучистого потока тепла и без движений воздуха. Во всех случаях безразлично, мокрая или сухая кожа у человека.

большими с временами переносимости ниже 10 минут (кривые 1 и 2). При скоростях воздушных потоков более 5 м/сек можно добиться даже экстремальных тепловых нагрузок.

Человек воспринимает баню не только кожей, но и носоглоткой, причём кожа и носоглотка ощущают баню по-разному. Дело в том, что носоглотка защищена от лучистых потоков, зато всегда влажная. Если воздух в бане имеет низкую абсолютную влажность (сухая баня), носоглотка в промежутках между поддачами при вдохе охлаждается («лёгкий дух»). Охлаждение носоглотки (а потому и лёгких, и всего тела в целом) имеет очень большое значение для теплового баланса человека и конечно же сильно влияет на процесс усвоения кислорода лёгкими. В хомотермальном режиме охлаждение носоглотки полностью исключается: она всегда нагревается, причём только за счёт высокой температуры воздуха, а значит с прогревом бронхов, что создаёт ощущение духоты. А вдох воздуха в сверххомотермальном режиме (паровая баня) нагревает за счёт конденсации преимущественно именно носоглотку.



*Метод проб и ошибок очень эффективен при постройке бань, но надо всё время пробовать и всё время ошибаться.*

## 6. Чёрные бани

Облик чёрных бань может быть самым разным. Это и пещеры, и норы, и землянки, и шалаши, и плетёные хижины, обмазанные глиной, и юрты, и чумы, и постройки из валунов и глины, и избы, и залы из мрамора (лаконики). И хотя общей характерной особенностью всех этих бань непременно является открытый или закрытый огонь с выпуском дыма в помещение, но и дым выпускался самым разнообразным способом из очагов тоже самых разнообразных конструкций: от простейших грунтовых площадок и ям до весьма сложных кирпичных и глинобитных печей без труб. Численно проанализировать каждое из этих решений просто невозможно. Поэтому обсудим лишь два предельных случая: когда имеется лишь лучистое тепло от очага и когда имеются лишь нагретый воздух и нагретые окружающие конструкции.

### 6.1. Человек у костра

Древний человек, конечно же, не понимал сути явления инфракрасного нагрева, но издавна чётко отличал «тепло» от горячего воздуха, равномерно исходящее на тело отовсюду со всех направлений, и «жар», исходящий с одного направления. Тёплая погода становилась жаркой, когда из-за туч выходило солнце. И всегда вдруг ощущался жар, когда человек поворачивался лицом к костру с раскалёнными углями или пламенем. Кроме того, различали жар от углей (от камней очага), называемый «сухим жаром», и жар от пламени, называемый «пылом» (пылким жаром), и жар от свода печи (после её протопки), называемый «вольным жаром».

Ясно, что лучистый жар от костра способен согреть даже мокрого человека. Так, при температуре воздуха  $0^{\circ}\text{C}$  в пасмурную погоду раздетый человек с температурой кожи  $30^{\circ}\text{C}$  теряет (см. раздел 4.6):

–  $0,3 \text{ кВт/м}^2$  тепла за счёт кондуктивной теплопередачи (в том числе и при неподвижном воздухе);

– 0,2 кВт/м<sup>2</sup> тепла за счёт лучистой теплоотдачи (из них 0,5 кВт/м<sup>2</sup> излучает при 30°С, а 0,3 кВт/м<sup>2</sup> получает в виде лучистого тепла обратно от окружения с температурой 0°С);

– 0,2 кВт/м<sup>2</sup> тепла за счёт конвективной теплоотдачи при скорости воздуха (ветра) 1 м/сек;

– 0,7 кВт/м<sup>2</sup> тепла за счёт испарения воды с мокрой кожи в неподвижном воздухе или 2 кВт/м<sup>2</sup> при скорости воздуха 1 м/сек.

Таким образом, если раздетый человек с сухой кожей в полный штиль (1 м/сек) теряет 0,7 кВт/м<sup>2</sup> тепла, то раздетый человек с мокрой кожей теряет до 2,7 кВт/м<sup>2</sup> тепла. При слабом же ветре 5 м/сек раздетый человек с сухой кожей теряет 1,4 кВт/м<sup>2</sup> тепла, а с мокрой – 8,4 кВт/м<sup>2</sup>. Это значит, что мокрому человеку всегда холоднее (и у костра согреться намного труднее), чем сухому. Причём при появлении ветра ощущения холода будут усиливаться многократно. Поэтому, чтобы согреться у костра, необходимо в первую очередь отгородиться от ветра какими-нибудь преградами: стенами, оградями, живыми изгородями (кустами, деревьями), заслонами-навесами (так в армейском полевом быту называют наклонные стенки-крыши полушалашом из жердей, веток, камыша, соломы, брезента и т. п.) Такие преграды загораживают не только от ветра, но частично от неба (космоса), куда удаляется лучистое тепло; при этом преграды всегда «теплее» неба (особенно ясного), поэтому больше тепла излучают на человека. Напомним, что мощность излучения абсолютно чёрного тела (например, туч на небе) при температуре 0°С составляет 0,3 кВт/м<sup>2</sup>, а мощность излучения ясного неба (даже днём) не более 0,1 кВт/м<sup>2</sup>.

При обычном размере костра в плане 0,5х0,5 м и тепловой мощности 40 кВт (при расходе 10 кг сухих дров в час), мощность теплового излучения костра в полуплоскость (в телесный угол 2π стерadian) составит порядка 20 кВт, что соответствует характерной средней температуре углей и пламени костра 800°С. Поскольку телесный угол тела человека составляет примерно (0,5/l<sup>2</sup>) стерadian (l – расстояние в метрах от костра до человека), то сухой раздетый человек должен расположиться на расстоянии не более 1,5 м от костра: тогда ему не будет холодно (либо со стороны груди, либо со стороны спины) при полном отсутствии ветра. Но если у человека мокрая кожа (например, он моется у костра), то расстояние до костра необходимо уменьшить до (0,7–0,8) м, причём в этом случае придётся разжечь уже хотя бы 2–3 костра вокруг человека, поскольку при мытье человек не может укрыться одеждой хотя бы с одной стороны тела. Эти расчётные цифры ориентировочны, но они показывают, что устроить комфортную баню на открытом воздухе зимой у костра достаточно проблематично. Но в тёплые летние дни это вполне осуществимо. Действительно,



ведь на пляже в знойный день вполне можно мыться тёплой водой, особенно замерзая даже без костра, а уж с костром (греющим к тому же воду) тем более.

Конечно же, мытьё у костра – это нынче для горожан экзотика. Но ведь порой для геологов, охотников, туристов, солдат мытьё мокрым полотенцем у костра – это единственно доступное тёплое мытьё, причём очень оперативное. Но если есть время и силы, то можно для мытья и нагреть воду. Оценим, что это будет стоить туристу. Предположим, что турист копает в сухом глинистом грунте яму площадью в плане 1x1 м и глубиной 1 м (общий объём 1 м<sup>3</sup>), разводит на дне костёр мощностью 40 кВт (20 кВт по тепловому излучению, расход дров 10 кг/час), прогревает стенки ямы, а затем наливает в яму воду. Принимая, что высушенный грунт имеет плотность 1500 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность 0,35 Вт/(м град), теплоёмкостью 0,84 кДж/(кг град), нетрудно подсчитать, что за 4 часа топки стенки ямы, во-первых, высушиваются на глубину 5 см (что требует испарения около 40 кг воды при влажности грунта 10%) с затратой тепла порядка 100 МДж, а во-вторых, стенки ямы прогреваются до температуры поверхности 500°С с затратой тепла 80 МДж. Перепад температур 500°С на толщине сухого грунта 5 см как раз и создаёт поток тепла внутрь грунта 20 кВт на площади 5 м<sup>2</sup>, после чего скорость прогрева грунта замедляется, так как поверхностный сухой слой уже будет не способен пропускать через себя всё лучистое тепло от костра (как и в случае кирпичной печи). Если раскалённое дно ямы быстро очистить от углей и золы и залить в яму 250 литров воды, то эта вода как раз и нагреется от горячих стенок ямы до 40°С. Такую «баню», в которой можно с комфортом помыться и на морозе, в народе иногда называют сибирской, хотя такой способ нагрева воды был известен повсюду с незапамятных времён (и не отнесится, строго говоря, по нашей терминологии к баням).

Мы не затрагиваем здесь вопросов технологии прогрева ямы и воды – сложностей может оказаться на практике много. Это и плохое горение дров в яме (особенно влажных дров), и быстрое увлажнение прогретого слоя влагой из удалённых зон холодного грунта (особенно влажного с содержанием воды более 10%), и быстрое охлаждение стенок ямы во время доставки воды, которая сама по себе может оказаться проблемой и т. п. Отметим, однако, что главным условием успешного прогрева ямы является высокая мощность прогрева стен. Дело в том, что при вялом костре тепло с поверхности стен ямы успеваает уйти глубоко внутрь грунта (точно также, как в случае кожи при её нагреве в режиме привыкания). Градиенты температуры при малых тепловых потоках малы, а это значит, что температуры поверхности стен ямы малы и медленно возрастают во времени, а тепло, прошедшее глубоко внутрь, «размазывается» в больших

объёмах грунта, слабо повышая его температуру. А ведь для последующего нагрева воды необходимы именно высокие температуры стен ямы. Зоны с низкими температурами  $100^{\circ}\text{C}$  и ниже, тем более в глубинных слоях грунта, которые никогда не вернут своё тепло обратно в яму, бесполезны для нагрева воды. Можно, конечно, сначала прогреть при слабом костре грунт для его предварительной просушки (и этот процесс будет аналогичным разморозке грунта при зимних ремонтных земляных работах в строительстве). Но затем совершенно обязателен мощный нагрев, после которого вода должна заливаться в яму немедленно. Всё это указывает, что этот метод нагрева воды требует специальной конструкции ёмкости (ямы): чтобы был высокотеплоёмкий и высокотеплопроводный пристеночный слой, а затем в глубине этот теплоаккумулирующий слой был бы теплоизолирован малотеплопроводным материалом. Но это возможно лишь в современных проектах «сибирских» бань, использующих современные материалы (бетон и стекловату), а в реальных условиях тайги никакие такие усовершенствования и доработки невозможны.

Можно нагревать воду в яме и иным способом – сбрасыванием в яму, наполненную водой, раскалённых камней и валунов, причём крупные валуны более предпочтительны. Как и в случае нагрева ямы, камни необходимо прогреть до температур, много больших  $100^{\circ}\text{C}$ . Если же камни будут недостаточно прогреты, то при температурах камней ниже  $60^{\circ}\text{C}$  они вообще не смогут прогреть воду до  $40^{\circ}\text{C}$ . При температурах камней порядка  $100^{\circ}\text{C}$ , камней придётся брать очень много, они даже, может быть, не поместятся в яму, придётся их извлекать после охлаждения и добавлять новые порции горячих камней. При сильно раскалённых камнях (до температур порядка  $400^{\circ}\text{C}$ ) воду можно нагреть умеренным количеством камней (порядка 400 кг камней на 250 литров воды). При высоких температурах камней образуется много водяного пара (как и в случае сильно прогретой ямы). Так что для большего комфорта яму лучше было располагать в крытом помещении, например, в шалаше или пещере, причём это помещение можно было использовать как влажную (и даже воздушную паровую) баню (например, германскую «badestube», см. ниже).

## 6.2. Очаг в пещерах и шалашах

Чтобы защитить огонь от дождя и ветра, древний человек стал разводить костры в укрытиях, которые служили первыми жилищами, и не только для людей. Так, даже в междуречье Оки и Волги (Московский регион) найдены останки поселений древних людей (стоянок каменного века), датированные 20 тысячелетием до н. э., с очагами-ямами и кострища-



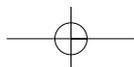
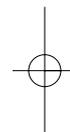
ми, с остатками жердевых настилов, с многочисленными фрагментами обожжённой лепной керамики с ямочным орнаментом. На основе опыта такого курного «жилищного» строительства начали создаваться и курные бани, существующие и поныне.

Если в жилом помещении был вполне обычен в быту постоянно поддерживаемый огонь (с постоянным выходом дыма, например, через вход или через верхнее вентиляционное отверстие в чуме или юрте), то в мытном помещении (если оно было специальным) огонь должен был разжигаться лишь периодически, от раза к разу, вследствие чего стены не успевали прогреваться и оставались холодными. Костёр в таком помещении с температурой стен  $0^{\circ}\text{C}$  по тепловому эффекту эквивалентен вышерассмотренному костру на открытом воздухе при отсутствии ветра с температурой окружения (воздуха, облаков, поверхности земли, деревьев), тоже равной  $0^{\circ}\text{C}$ .

Большой практический интерес представляет случай, когда сначала при открытых проёмах (дверях) прогревают костром камни очага, после чего костёр тушат (или костёр прогорает сам), а проёмы (двери) закрывают (занавешивают). В таком бездымном помещении остаются лишь раскалённые камни очага, которые, во-первых, создают упорядоченные циркуляционные потоки теплого воздуха (см. рис. 34), а во-вторых, создают потоки лучистого тепла во все стороны. Такие раскалённые камни с незапамятных времён использовались повсюду для поддержания тепла в курных строениях. Точно такой же случай с тепловой точки зрения возникает в современных проектах при использовании металлических печей: раскалённые металлические стенки топливника горячей печи имитируют раскалённые камни очага.

Во всех этих случаях возникает непростой и далеко не праздный методический вопрос, как лучше согреть человека: лучистым ли теплом (сухим жаром от камней очага или стенок металлической печи) или конвективным теплом от горячего воздуха, образующегося при экранировании очага или печи, или тёплым паром, образующимся при поливе раскалённых камней водой. Любой турист и любой фронтвик, пожалуй, скажет, что от жара «буржуйки» в палатке отказываться глупо, этот жар и согреет быстро, и одежду высушит. В то же время все финские банные печники уверены, что металлические печи надо обязательно экранировать (отгораживать для предотвращения распространения инфракрасного излучения) и не только в целях пожарной безопасности и дизайна, но и для устранения малокомфортного действия обжигающего лучистого жара.

Сразу оговоримся, что без указания назначения нагрева ответ не может быть однозначным, что и объясняет противоречивость и путаность мнений. Если вы в мокрой одежде и хотите быстро согреться, то лучше



поддать на камни. Но если вы хотите быстро согреться так, чтобы и одежда просохла, необходим лучистый нагрев. Если у вас сухая одежда и сухая кожа, то для длительного комфортного пребывания лучше иметь тёплый или горячий воздух (без сухого жара и без пара – «влажного жара»), причём в горячем воздухе с сухой кожей можно перегреть тело так, что можно потом помыться даже на холоде. Всё это говорит о чрезвычайной многоликости бань, в том числе и чёрных, проистекающей из-за того, что человек имеет возможность прогреться самым различным образом. Так что мнения о том, что, мол, чёрные бани должны быть непременно сухими или непременно паровыми, являются наивными. Главное в чёрных банях – выпуск дыма от очага в помещение, а всё остальное – производное.

В этом разделе мы рассматриваем только случай, когда стены пещеры (норы) или палатки (шалаша) при прогреве камней остаются холодными. Это вполне реальная ситуация, имеющая место тогда, когда стены и потолок либо очень высокотеплоёмки (пещеры) и не успевают нагреваться за время горения костра, либо очень теплопроводны (палатки, шалаши) и не могут нагреться никогда. Примем условно, что мощность излучения камней очага (или стенок топливника горячей металлической печи) составляет те же 20 кВт, а температура стен составляет 0°C. В таком случае, как и в предыдущем разделе, раздетому человеку с сухой кожей становится тепло в 1,5 метрах от очага, с мокрой кожей – в 0,7 метрах от очага.

Если такой очаг (или металлическую печь) экранировать (загородить) и тем самым перевести 20 кВт лучистой энергии в тепло воздуха, то при коэффициенте теплопередачи  $\alpha=10$  Вт/(м<sup>2</sup> град) и площади стен 20 м<sup>2</sup> воздух нагреется до 100°C, хотя температура стен останется на уровне 0°C. Тепловой баланс раздетого человека с сухой кожей будет включать нагрев за счёт кондуктивного теплообмена 0,7 кВт/м<sup>2</sup> и за счёт конвективного теплообмена 0,4 кВт/м<sup>2</sup>, а также охлаждение за счёт лучистой теплоотдачи 0,2 кВт/м<sup>2</sup>. Таким образом, сухому человеку при экранировании очага (печи) становится тепло всегда (при любом расстоянии от очага, хотя лучистый поток от очага исчезает). Это очень важный результат, показывающий, что в жилых палатках целесообразно использовать экранированные металлические печи. Физический смысл этого результата заключается в том, что лучистое тепло от неэкранированного очага (печи) тотчас попадает на холодные стены и сразу же отводится, и лишь незначительная доля лучистого потока попадает на человека. Экранированный очаг (печь) нагревает воздух, и человек оказывается в теплом «коконе».

Если же у раздетого человека мокрая кожа, то ситуация в корне меняется, поскольку появляются теплотери за счёт испарения воды с кожи



2 кВт/м<sup>2</sup> (при скорости воздуха 1 м/сек). При экранированном очаге (печи) человеку с мокрой кожей всегда холодно, и только из-за того, что воздух сухой (абсолютная влажность воздуха при 0°С не может превышать 0,005 кг/м<sup>3</sup>). Так что в банях с экранированным очагом, расположенных в пещерах и палатках, без пара не обойтись. Если при поддаче абсолютная влажность повышается до 0,025 кг/м<sup>3</sup> и выше, то можно ожидать, что станет тепло, а при абсолютной влажности выше 0,05 кг/м<sup>3</sup> тепло станет наверняка, даже жарко. К сожалению, удержать высокую влажность воздуха в помещении с холодными стенами невозможно. Бани в пещерах и палатках неминуемо имеют мокрые стены и выделяют «клубы пара». Поэтому стены бань необходимо утеплить с целью повышения температуры внутренних поверхностей стен, например, применением шкур в чумах и ковров в юртах и шатрах. В оседлых банях стали применять бревенчатые стены. Это предотвратило образование росы и одновременно снизило лучистые потери с тела на стены.

### 6.3. Мытные землянки и избы

Первые типы оседлых рукотворных жилищ (вместо нор и пещер) создавались в Северной Европе на базе концепции землянок. Перекрытия землянок выполнялись из древесных материалов. Поэтому потолки в курных землянках, омываемые дымовыми газами, были при протопке горячими.

Во времена Западной Римской империи (I век до н. э. – V век н. э.) граница цивилизации шла по рекам Рейн и Дунай, а севернее в дремучих лесах жили полудикие германцы, славяне, балты и финно-угорские племена. Германские завоеватели очень много переняли у побеждённых в V веке н. э. римлян, в частности, приняли латинское название купания (Bad). До сих пор в современном немецком языке поясняется, что если ванна как сосуд (wanne слово чисто германского происхождения) предназначена для купания (мытья), то её следует называть «Badenwanne». Во времена Карла Великого в VIII веке германские паровые бани в курных землянках назывались «badestube» (stube – комната, изба, помещение), «badestove» (древнеголланд.), «badstuga» (древнешвед.), «badstue» (древненорв.), «badestue» (древнедатский). В протестантской Скандинавии до сих пор сохранилось сокращённое простонародное название курной бани «bastu» (в том числе и паровой на камнях). В католической Германии мытные паровые бани (badestube) были запрещены церковью из-за упадка нравов при неизбежном совместном купании (мужчин и женщин), мытьё ушло в домашние купели, и паровая баня забылась.

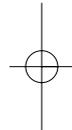
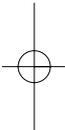


У финнов-суоми как и всех народов тоже существовало различие между помещением для мытья «сауна» (видимо, от фин. «savunen» – дымный, то есть «дымлянка») и процессом самого мытья «kuuru» (купания). Со временем жильё ушло из «дымлянок» в избы с трубными печами (в белые помещения), а «дымлянки» сохранились лишь для мытья (как и в России). В Финляндии до сих пор сохранилось понятие «дымной сауны» как настоящей национальной бани. Белая же баня и в России, и в Финляндии развивалась в основном в городах и крупных усадьбах, а потому была плохо знакома русским крестьянам и финнам-суоми, жившим преимущественно на хуторах.

Первые землянки древних славян («средней степени дикости») также имели вид ямы, перекрытой жердями и засыпанной землёй (Костеневская стоянка, Воронежская область). Даже на склоне горы дверь в землянку приходилось делать в виде лаза, поэтому землянки назывались влазнями. На полу (дне) землянки устраивали очаг в виде ямы, в которой разжигался костёр. Дым от костра расстилался по потолку (перекрытию) и выводился через вход (лаз) в землянку (А.И. Орлов, Русская отопительно-вентиляционная техника, М.: Стройиздат, 1950 г.). Так, столица Древней Руси город Киев до X века представлял собой теснящие друг друга землянки, окружавшие укреплённый центр (город, крепость, кремль, детинец) и огороженные частоколом (столпием, тыном, острогом – стеной, забором из поставленных вертикально вплотную брёвен). Со временем стены землянки стали укрепляться (и утепляться) вертикально (частоколом) или горизонтально (срубом или поленицей) расположенными брёвнами или плахами (расколотыми пополам брёвнами). Это позволило приподнять стены над землёй и делать полуземлянку с более удобным входом для жильцов и выходом дыма (рис. 8).

Не вдаваясь в исторические детали отметим, что наличие в землянке огня определяло очень многое не только в бытовом и техническом, но и в социальном плане. Если киевский славянин (полянин) имел в землянке огонь, то он был «огнищанином» (главой родового «огнища») и был обязан платить дань своему князю-старшине. Точно также впоследствии поляне платили дань хазарам – один меч от одного «дыма». После хазар поляне платили дань варягам «по три голуби от двора», а затем от «дома». Огонь, дым, двор, дом – это единые развивающиеся социальные понятия, в отличие от «здания» (от «зъд» – глина) – просто постройки (технического термина).

Процедура мытья-купания называлась мовью, а место, где «творилась мовь», называлось мовней. Древней мовней являлась «истобка» (протапливаемая огнём землянка). Именно в «истобке» в 945 году Ольга в качестве мести сожгла послов от древлян, убивших Игоря, а не в бане, как ча-





сто пишут в литературе («бань» как термина тогда на Руси ещё вообще не было). Потом в качестве мовни стала использоваться мытная изба. Но так или иначе, в Древней Руси, видимо, не существовало единого, самого общего в своём понимании слова, означающего то строение (техническое), в котором жили (или мылись). Так, глобальный индоевропейский термин «дом» (пришедший, видимо, от германцев) означал на Руси «хозяйство», «род», а как сооружение стал пониматься лишь с 1230 года. Термин «здание» воспринимался только как процесс, а не результат (создание, сделать). Жилище и обитель понимались как общее для всех имущество. Наши предки не могли разделить понятия жилого и нежилого фонда, потому что жили общим отчим «кровом», а потребительские сущности отдельных вещей разделить пока не могли. Землянки иногда назывались «хатами» (заимствовано у угров-венгров), «хызами» и «хижинами» (заимствовано у германцев через болгар), влазнями, нырищами и т. п. Всё это создавало большие трудности и путаницу при переводах с греческого и латинского языков (и первую очередь церковных), поскольку понятия «жилище вообще» у греков уже были, а у русских появились много позже (дом, здание, строение, изба, жилище, хоромы, храм, приют, чертог и т. п. стали чётко отличаться от помещений для скота, инвентаря, для хранения пищевых запасов: хлева, амбара, двора и т. п.). Поэтому анализ быта через иностранные источники и летописи затруднён (В.В. Колесов, Древняя Русь: наследие в слове, СПб.: Гос. университет, 2000 г.), тем более, что уровни и характеры жизни Руси и Византии были несопоставимы. Это очень важно для анализа термина «баня», воспринимаемого церковью широко как «очищение вообще», а русские прибавку «вообще» не воспринимали и воспринять не могли, а могли понимать «очищение» как конкретную процедуру в конкретном объекте или сооружении. Так или иначе, «баня» долго была чересчур официальным термином, и только потом в городах превратилась в понятие «сооружение для мытья вообще» (всё равно как) в отличие от понятия мытной избы с паром, веником и мытьём в тазу.

Строительство тёплой полуземлянки начиналось с рытья котлована глубиной примерно в 1 метр, куда помещали вертикальные или наклонные наружу столбы, а за ними с внешней стороны укладывали друг на друга горизонтальные брёвна (плахи), засыпаемые и удерживаемые между столбами и грунтом. Деревянную конструкцию поднимали над землёй на 1,0–1,5 метра так, чтобы общая высота стен помещения составляла не менее 2 метров. Вход с деревянной лесенкой или земляными ступенями устраивали с южной стороны. Крыши делали настилом из брёвен (накатом) или двухскатными (более удобными для вывода дыма), покрывали жердями, соломой, обмазывали глиной, засыпали землёй, и они зараста-



ли бурьяном (высокой сорной травой). Засыпка всего строения землёй (с «зелёной» крышей по современной терминологии) помогала сохранять тепло, предупреждала гниение дерева и уберегала от пожаров. Полы делали из утопанной глины, а люди побогаче застилали пол деревянными плахами (пополам расколотыми брёвнами, горбылями) или мостили вертикально установленными чурками. Полуземлянка была однообъёмным помещением (однокомнатным), отапливаемым зачастую не просто очагом, а сводчатой каменкой или глиняной печью, выпускающей дым в помещение с постоянно приоткрытой дверью или открытым вентиляционным отверстием: дымником или волоковым (задвижным) окном. Печь обычно стояла в глубине комнаты, в дальнем от входа углу. Печь выполнялась либо прямоугольной в виде тоннеля с арочным сводом или круглой с куполом, суживающейся кверху, и имела сбоку только одно отверстие для закладки дров и вывода дыма. Сверху печь имела варочную поверхность из глины (жаровню), по виду напоминающую сковородку, или отверстие для глиняного, а затем чугунного горшка (котла). Дым от печи образовывал на потолке и стенах слой сажи (копоти) в виде «чёрной сыпучи», спадающей тяжёлыми хлопьями. В высоких полуземлянках, а затем и в курных избах, от падающей сажи спасали широкие полки (воронцы), опоясывающие комнату по периметру, прикрепленные к стенам на высоте около двух метров, не мешая сидящим или лежащим на лавках (лежанках, полатях) людям. Именно из-за дыма потолки стремились делать повыше до 3–4 метров. Все стены тщательно обмазывались глиной, а ниже полки к тому же и белились.

Полуземлянки сделали целую эпоху в городском строительстве (Е.Н. Грицак, Памятники древнего Киева, М.: Вече, 2004 г). Дело в том, что сама полуземлянка наполовину утопленная в грунт, стала как бы фундаментом (подклетом) для более высоких уровней (клетей, этажей) жилых строений с несколькими комнатами – хоромами (от греческого *choros* – «несколько, большое количество, вместе»). Над подклетом (на втором этаже) располагалась горница (от русского «горнее» – «верхнее»), в которую со временем перенесли печь из подклета. На третьем этаже устраивалась светёлка – самая тёплая комната дома. Вход в полуземлянку (подклет) и в горницу начинался с сеней: в подклет вела вниз лесенка, а наверх в горницу тоже лестница. В составе развитых хором в домонгольский период появились «повалуши», стоящие на том же подклете или на своих подклетах многоэтажные строения (в том числе жилые) напротив горниц, часто в виде башен (столпов), имевших общие сени с горницей. Столпы со временем переродились в «вежи» (от древнерусского «вежды» – «глаза»), сторожевые башни, часто декоративные. Верхние этажи жилых богатых хором стали называться «теремами» (от

греч. *teremnon* – «жилище»). Существовали и отдельные терема, возводимые над городскими или усадебными воротами или на высоком подклете. В результате жилые дома знати разрастались конструктивно в весьма сложные сооружения в виде клеток, соединяемых крыльцом, сенями, переходами и навесами. Такие жилые дома были курными, но в дымных помещениях устраивались кухни, людские, а господские помещения обогревались через стенку или перекрытие от курных комнат, и хотя были холоднее, но зато чистыми. Со временем печи стали делать длинными (глубокими) с арочным сводом, предназначенные для варки в горшках на поде (как в русских печах с трубами). Жерла печей выходили в «людские», а весь массив печи проходил через стену в господские белые помещения. Затем в XIV–XV веках появились кирпичные трубы, прогреваемые печью, расположенной в подклети. После прогорания дров в трубе открывались вьюшки, через которые холодный воздух поступал в трубу снизу, нагревался и поступал тёплым в горницу и светёлку («огневоздушное отопление»). В дальнейшем хоромы стали воздвигаться из камня в виде палат (от греч. *palation* – «дворец»), причём печи с дымовыми трубами уже существовали в XV веке.

Полуземлянки (как жилища, так и подклеты) имели существенные недостатки, в частности, малую долговечность из-за гниения и морозного пучения. Поэтому с развитием деревообрабатывающего инструмента полуземлянки стали выбираться наружу в виде рубленых изб (клетей) на фундаменте. Но ещё долго сруб (прямоугольное сооружение из отёсанных брёвен, скреплённых по углам) устанавливался на деревянных свайных фундаментах-подклетах, часто сменных, да и русские печи по аналогии монтировались, как правило, на опечье, похожее на сруб-подклет.

Сейчас уже никто не знает, в какой момент постепенно вылезавшая наружу полуземлянка стала избой или стала называться избой, то есть тёплым (отапливаемым) домом, причём из брёвен. Но сам процесс совершенно ясен: вечно гниющий и подтапливаемый подклет, в котором всё меньше жили и в котором уже перестали устанавливать печь, постепенно заменялся где бревенчатым фундаментом из стойкой древесины (дуба, лиственницы, ясеня, сосны), где каменным фундаментом из валунов или кирпича. Сначала полы в избах оставались глиняными, так что щель между грунтом и нижним венцом сруба, защищаемым берестой, засыпалась завалинкой или закрывалась забиркой. Затем полы стали застилаться плахами или досками, потом полы стали укладываться на балки и лаги, не касаясь земли. Если во времена Радищева в 1790 году избы вдоль Петербургского тракта были сплошь курными, то уже во времена Пушкина в 1833 году в каждой избе по тракту была труба, а натянутые на окна пузыри сменились на стекло. В 1851 году была пущена Петербургско-



Московская железная дорога, в 1850–1860 гг. в деревнях по тракту у простого люда появились самовары, в 1880–1885 гг. исчезли лучины, заменённые на свечи и на керосиновые лампы-коптилки без стекла. Курные же бани царствовали вплоть до конца XIX века, но в последние годы уже с печами (хоть и дымными), бочками с водой и даже полом.

Описываемый регион был далеко не самым сытным, но и не самым отсталым в России, поскольку располагался вдоль главной дороги страны. В иных регионах на Севере и в Сибири вплоть до середины XX века встречались жилые курные избы (порой в виде курной «половины» от летнего гнуса в белой избе). На Алтае в 1763 году на 698 жилых домов было 108 чёрных и 165 белых бань. Учитывая, что строители, а тем более солдаты на войне, жили в землянках и в XX веке, можно констатировать, что земляные и курные строения сопровождали русский народ всё второе тысячелетие нашей эры, причём неоднородность материального и жилищного благосостояния всегда была высокой даже в пределах одной деревни. Это означает, что бани в нашей стране всегда были представлены очень разнообразно: от самых простейших и примитивных форм до суперпрогрессивных образцов одновременно.

Прогресс жилья шёл из опыта строительства церквей и усадеб жилищных слоёв общества. Вслед за развитием жилищного строительства шло развитие банного дела. Прогресс же печного дела шёл из промышленности, в первую очередь из металлургии. Как известно глиняный кирпич (в том числе и шамотный) обеспечил выплавку меди (бронзы, латуни) при температурах 1000–1100°C. Первый огнеупорный материал — диоксид кремния обеспечил выплавку чугуна и стали при температурах 1500–1600°C. Сталь обеспечила развитие теплового машиностроения.

Так, ещё в 1763 году на Урале И.И. Ползуновым была изобретена паровая («огневая») машина со стальным паровым котлом. Большое влияние на понимание печных процессов (в том числе и с каменками) оказало и развитие кузнечного дела с воздушным дутьём на угли.

Появление бытовых строений с малотеплопроводными бревенчатыми ограждающими конструкциями (землянок, полуземлянок, изб) значительно улучшило условия пребывания, поскольку тёплый потолок стал играть роль инфракрасного обогревателя. Применительно к бревенчатым баням это означает, что горячий чёрный потолок с температурой 100°C излучает вниз 1,1 кВт/м<sup>2</sup> лучистого тепла, в то время как холодный потолок, рассматриваемый в предыдущем разделе, излучает при 0°C приблизительно лишь 0,3 кВт/м<sup>2</sup>. С учётом того, что человека в бревенчатом строении окружает не только горячий потолок, но и холодный пол, излучающий всего порядка 0,3 кВт/м<sup>2</sup>, суммарный лучистый поток на тело человека составит примерно 0,7 кВт/м<sup>2</sup>.



Продолжая численные выкладки предыдущего раздела, можно установить, что тепловой баланс раздетого человека с мокрой кожей в банном помещении с температурой воздуха и потолка  $100^{\circ}\text{C}$  складывается из теплопритока  $1,8 \text{ кВт/м}^2$  (из них  $0,7 \text{ кВт/м}^2$  за счёт кондуктивного теплообмена;  $0,4 \text{ кВт/м}^2$  за счёт конвективного теплообмена;  $0,7 \text{ кВт/м}^2$  за счёт лучистого потока) и теплоотдачи  $2,5 \text{ кВт/м}^2$  (из них  $0,5 \text{ кВт/м}^2$  за счёт лучистых потерь и  $2 \text{ кВт/м}^2$  за счёт испарений воды с кожи человека в сухом воздухе с абсолютной влажностью  $0,005 \text{ кг/м}^3$ ). Значит и в этом случае, фактически близком к современным сухим саунам, мокрому человеку холодно. Необходимо либо обеспечивать лучистый нагрев от камней очага, либо увеличение влажности воздуха, в том числе и за счёт поддач.

В мытных избах, в землянках и полуземлянках стены и потолок перед протопкой всегда были гигроскопически влажными, а порой и откровенно сырими (мокрыми) от земли и дождей. Это спасало древесину от излишнего гниения (при относительной влажности древесины  $70\%$  и выше деятельность дереворазрушающих грибов угнетена), но и создавало при протопке повышенную влажность воздуха. При прогреве горячим дымом и тепловым излучением от костра и камней стены и потолок подсыхали, а помещение проветривалось. Поэтому после протопки при ещё тлеющих в золе углях баню закрывали, и она «томила», «выстаивалась», «доходила» с полчаса–час с тем, чтобы раскалённые камни прогрели низ бани и сами чуть подостыли, чтобы не было чрезмерного острого сухого жара. При этом воздух неминуемо увлажнялся от мокрых (влажных) нагреваемых нижних частей стен. При абсолютной влажности воздуха  $0,02 \text{ кг/м}^3$  в чёрной бане с горячим потолком уже становится тепло с мокрой кожей, женщины и дети могли мыться с тепловым комфортом даже отгородившись от жара камней. А реальная влажность воздуха в рядовых банях, особенно земляных, достигала хомотермального уровня  $0,05 \text{ кг/м}^3$  и даже выше. Всем известно, что в подвальных помещениях и редко протапливаемых строениях всегда более влажно, чем на улице или в постоянно протапливаемых домах.

Со временем в чёрных банях появилось много воды для тёплого мытья. Так что в последние века стало традицией мыть (обливать) стены курных бань от сажи после протопки перед томлением. Эта процедура называлась «опариванием», что свидетельствовало, что обмывание стен проводилось не только для очистки от сажи, но и для увлажнения стен. Мокрые стены затем при томлении бани в свою очередь увлажняли воздух, в результате чего баня становилась «тёплой».

Но, конечно же, бывало и так, что баня «не держала», очень быстро остывала после погасания огня из-за высокой теплопроводности стен

или неплотных дверей. При этом приходилось мыться при резком жаре от камней, поскольку долго «томить» такую баню было нельзя из-за выхолаживания. Это тот случай, когда чёрная баня плавно переходит в ряд помещений с постоянно холодным потолком, рассмотренных в предыдущем разделе и имеющих принципиально низкую абсолютную влажность воздуха. Поэтому, несмотря на то, что тепловые потоки на тело человека в банях с холодным и горячим потолком не столь уж сильно отличаются, тем не менее бани с холодным и горячим потолком отличаются кардинально, поскольку горячий потолок даёт возможность длительно удерживать высокую влажность воздуха, особенно при малых скоростях конвекции.

Стандартная процедура древней чёрной мытной бани при отсутствии котлов с водой и мыла включала первичный разогрев тела при сухой коже (в том числе и от жара камней), после чего мылись хлестаниями веника при поддачах (см. следующий раздел) и обливались (обмывались) холодной водой, в том числе и в водоёмах. Такая процедура чисто внешне похожа на современную финскую сауну, только в последней веником не моются, а лишь обмахиваются (при наличии оно). Главным же климатическим отличием древних чёрных бань с горячим потолком от современных саун (с металлической печью) является то, что излучение от очага чёрной бани обычно не экранировалось (не загораживалось), а вот излучение от стенок металлической печи современной сауны экранируется всегда. Поэтому современная сауна имеет очень малый поток лучистого тепла от печи (вклад открытой каменки наверху печи крайне незначителен). Поскольку в чёрных банях лучистый поток не преобразуется в поток конвективного тепла, то в чёрных банях роль конвекции сравнительно мала, в том числе и в плане циркуляционного осушения воздуха в бане. Оговоримся, однако, что в чёрных банях со временем стала применяться печь (дымная), что снизило лучистые потоки, но одновременно в банях появилась и тёплая вода, а в современных саунах воды для мытья нет. Так что процедуры всё равно чем-то разнятся, и зазорного в этом ничего нет. Ясно, что бани раньше создавались для мытья, а сауны сейчас делают для потения (хоть и перед душем для мытья).

Вместе с тем, основой теплового комфорта как в чёрных банях, так и в современных саунах (с металлической печью) был горячий потолок. И именно его в первую очередь должны греть камни открытого очага чёрной бани (и камни открытой каменки современной сауны). Такой горячий потолок даже чисто термодинамически не в состоянии поглотить значительные количества водяных паров, а потому пар при поддачах и в чёрных банях, и в современных саунах является более жестким и быстрее спадающим после поддач, нежели в белых городских банях. Парение веником в чёрных банях осуществлялось преимущественно методом хлестания (см.

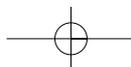
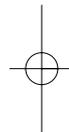
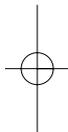


раздел 7.4), обеспечивающим не столько тепловые, сколько мытные (расчёсывающие) функции при выпадении росы на кожу после поддач.

Путь от курных землянок к белым баням был долгим и трудным. Этот переход полностью изменил быт людей. Это признал ещё Пушкин в «Сказке о рыбаке и рыбке»:

Пришёл он ко своей землянке,  
А землянки нет уже следа;  
Перед ним изба со светёлкой,  
С кирпичной, беленою трубою...

Не мог этот переход сохранить и исконную русскую чёрную баню, ныне безвозвратно канувшую в вечность.





*В банях всегда находят верное решение, но только после того, как перепробуют все другие.*

## 7. Белые паровые бани

Паровые бани – это, пожалуй, наиболее сложные для технического анализа объекты банного строительства. Мы рассмотрим их особенности на примере белой бани, исторически возникшей для элитного мытья, но превратившейся потом в наиболее распространённый способ парения.

Обычно в популярной литературе заявляют, что белая баня (бездымная сауна), мол, отличается тем, что занимает промежуточное положение между хаммамами и сухими саунами. Так, утверждают, что если в хаммамах температура воздуха составляет 40–50°C при относительной влажности 90–100%, то в паровых банях температура должна достигать 50–70°C при относительной влажности 30–70%, а в сухих саунах 70–100°C при относительной влажности ниже 20%. Причём эти цифры являются не просто ориентировочными (то есть разными у разных авторов), но и весьма условными, поскольку относятся обычно к уровню груди (или зоне дыхания), а во всём объёме бани могут изменяться очень сильно. Так, в сухих саунах температура от пола до потолка может изменяться от 0°C до 200°C.

Конечно же, такая характеристика климатических особенностей бань близка к реальности, поскольку просто-напросто отвечает особенностям хомотермальной кривой (раздел 5.3). Но как основополагающее определение паровой бани (даже простейшее) является методически в корне неверным хотя бы потому, что в быту в любых конкретных банях (в том числе и русских) никто не пытается добиться каких-либо чётко заданных заранее численных значений метеопараметров. Они на практике, как правило, вообще не замеряются и получаются как бы сами собой при попытках обеспечить комфортные условия для мытья в той или иной конкретной конструкции бани. Так, специальные замеры в длительно (годами) работавших городских банях русского типа (с тазами) показали очень большой реальный разброс параметров на высоте 1,5 м (Э.М. Ари-

евич, В.В. Горбачев, Проектирование и эксплуатация бань, М.: Стойиздат, 1965 г.):

Помещения	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %			Температура по СНиП средняя
	миним.	средняя	максим.	миним.	средняя	максим.	
	Парилка	35	40	65	70	80	
Мыльная	22	30	35	80	90	100	30

Тем не менее становится ясно, что на уровне дыхания даже в парилках бывают не столь уж жёсткие условия, и для парения важны климатические характеристики припотолочных зон. Действительно, замеры в Тетеринских банях показали повышение температуры стен и потолков, что в общем-то совершенно не удивительно с учётом наличия вентиляции в мыльных и раздевальных помещениях и подачи пара в парилку.

Помещения	Температуры, °С			
	Воздух	Потолок	Стены	Пол
Парилка	49	88–74	82–72	44–40
Мыльная	35	44–34	39–36	38–35
Раздевалка	28	32–29	31–27	22–27

При этом влажность кирпичной непароизолированной кладки достигает 33–36% в парилках, 19–29% в мыльных и 14–16% в раздевалках.

В паровой бане могут реализовываться на уровне груди метеоусловия, характерные для хаммамов, но тем не менее и в этом случае климатические условия паровых бань и хаммамов будут различными или, по крайней мере, различаемыми. Причина кроется в особенностях конструкций: например, в белых паровых банях, во-первых, температура растёт от пола к потолку (в хаммамах, наоборот, от потолка к полу), во-вторых, имеются гигроскопические стены и потолки (деревянные или оштукатуренные), в-третьих, имеются нисходящие воздушные потоки, в том числе принудительные.

Главной особенностью паровых бань всех видов (и не только русских, и не только белых и чёрных, и турецких) является наличие зон с высокой абсолютной влажностью воздуха выше хомотермального уровня 0,05 кг/м<sup>3</sup> (см. рис. 33). При этом на кожу человека может выпадать конденсат в виде горячей росы. Это даёт возможность создавать жаркие климатические условия даже при умеренных температурах воздуха в бане. Именно подачи (плескания воды на раскалённые камни) увлажняют белую паровую баню и превращают её из холодной в жаркую. А чем жарче



баня, тем сильнее может прогреться человек, чтобы потом комфортно мыться даже в холоде, не используя в больших количествах остро дефицитную когда-то горячую воду. Вместе с тем отметим, что воздух в паровой бане хоть и имеет высокую абсолютную влажность, тем не менее может быть и влажным, и сухим, то есть может иметь относительную влажность ниже 40–50%, чему немало способствует гигроскопичность стен.

Главной же особенностью белых бань всех типов является наличие кирпичной печи с выпуском дыма в дымовую трубу. Такая печь в белых банях до XIX века не имела чугунных варочных плит и открытых камней, а потому плохо обогревала помещение, и пар был просто необходим. Потом, с появлением чугунных теплообменных плит и открытых камней белая баня постепенно преобразовалась в более тёплую русскую городскую баню с меньшим количеством пара, которая в свою очередь со временем (с переходом к цельнометаллическим печам) превратилась в современную сауну (и сухую, и влажную, и паровую). Второй главной особенностью белых бань явилась сама цель процедуры, а именно мытьё, которое зародилось в чёрных банях, причём мытьё в конденсате в виде хлестаний (расчёсываний) веником. Но если в чёрных банях, в которых могло быть жарко и без пара, мылись не только вениками, но и ветошками, и скребками, то в белой бане веник превратился в культ, поскольку единственное тепло в белой бане сосредотачивалось в виде пара у потолка, и только веником можно было «зачерпнуть» его оттуда. Так что третьей главной особенностью белых бань явилось наличие веника. Отметим для общности, что впоследствии с распространением мыла в городских банях, а тем более в современных саунах мытьё в пару стало уже нехарактерным. В парилках всё чаще стали просто прогреваться перед мытьём, а мылись в специальных дополнительных помещениях (мыльнях) без пара. Естественно, и роль веника в городских банях и современных саунах поэтому снизилась и порой стала чисто ритуальной.

### 7.1 Особенности конструкций

Белые бани зародились в городских зажиточных усадьбах (дворцах), видимо, в виде каменных мытных помещений с русскими печами (рис. 10). В рукописных источниках отмечалось существование бань с отводом дыма в 1634 году, но, видимо, они появились во времена Ивана Грозного в конце XVI века.

Для численных оценок и для сопоставления белых и чёрных бань рассмотрим типичную для XX века деревянную конструкцию белой мытной избы (паровой белой бани) русско-финского типа, представлявшую со-

бой бревенчатое строение с кирпичной печью, имеющей закрытую каменку (засыпку внавал камней в дымовыводящих коммуникациях печи). Первое упоминание о таких печах-каменках «голландского» типа (рис. 11) встречается в 1802 году в описании жизненного уклада зажиточных крестьян подмосковных деревень. В отличие от чёрных (курных) бань (дымных саун), где огонь горел в открытом каменном ограждении (очаге, печи) прямо в помещении и нагревал потолок непосредственно лучистым теплом от углей и камней очага, а также конвективным потоком дымовых газов, в белых банях огонь горел в закрытом каменном (кирпичном) топливнике, а дым выпускался в дымовую трубу наружу, минуя помещение. Огонь при этом должен был сначала прогреть стенки самой печи (топливника), и только затем по мере прогрева наружных стенок печи начинался нагрев воздуха в бане, а когда нагревался воздух, начинал нагреваться и потолок. Так что чистота воздуха в помещениях в белых банях доставалась потребителю высокой ценой: очень большой длительностью протопки, низкой температурой бани, отсутствием значительных лучистых тепловых потоков, большой затратой дров. Конечно же, «зря потраченное» тепло на нагрев каменки и стенок печи никуда не пропадает: тепло так и остаётся в печи и потом долго сохраняется в бане. Это тепло можно в любой момент вывести из массива печи (или из каменки) потоком воздуха или испарением воды. Это удобно для сельского быта, для стирки, для сушки. В дальнейшем белую баню постоянно совершенствовали, в первую очередь для того, чтобы в ней было теплее и чтобы она быстрее прогревалась. В частности, в печь устанавливали открытые водяные котлы (которые не только нагревали воду, но и нагревали и увлажняли воздух), обособливали специальные парилки, утоньшали кирпичные теплопередающие стенки печей, заменяли их на чугунные плиты и металлические листы и т. д.

Специально подчеркнём, что в белых банях (как и в иных банях) тепло нужно в первую очередь для того лишь, чтобы не было холодно с мокрой кожей. Поэтому пар из каменки выпускался в первую очередь для подогрева помещения. Однако зачастую в банях случалось так, что пар прогревал преимущественно потолок, и это обусловило необходимость особых (в том числе и экстремальных) приёмов прогрева тела (парения).

Посмотрим, что представляет собой белая паровая баня в цифрах. При том же объёме 10 м<sup>3</sup> (см раздел 5.5), площади пола 4 м<sup>2</sup>, площади ограждающих конструкций (пола, потолка и стен) 30 м<sup>2</sup>, толщине деревянных стен 0,1 м прогрев бани от 0°С до средней температуры 40°С (до температуры потолка 60°С, полки 40°С и пола 20°С) требуется затрата тепла порядка 15 кВт·час. Типичная банная печь с расходом дров 10 кг/час даёт мощность тепловыделения в топке 20 кВт. Для прогрева

самой печи с толщиной стенок в полкирпича и общей массой 700 кг до температуры наружных стенок 80°C и внутренних 300°C требуется 30 кВт час, а каменки массой 200 кг до температуры 400°C – около 15 кВт час. Значит для прогрева самой печи и каменки потребуется не менее 2–3 часов, после чего печь станет тёплой. Затем печь с температурой наружных стенок 80°C, поверхностью теплообмена (площадью наружных стенок) 2–3 м<sup>2</sup>, с мощностью теплоотдачи с наружных стенок в воздух отнюдь не 20 кВт, а ввиду плохой теплопередачи кирпичных стенок всего лишь около 2 кВт должна топиться 7–8 часов, чтобы нагреть баню до 60°C у потолка. Иными словами, такую белую баню надо топить с утра, чтобы вечером помыться, а чёрную баню при той же мощности тепловыделения можно протопить за 2–3 часа. Правда не исключена возможность быстро прогреть белую баню за счёт тепла, аккумулированного каменкой. Легче и быстрее это можно сделать с помощью пара. Полив камни водой (подав), получаем водяной пар, который в виде струи выходит из каменки в объём помещения бани, смешиваясь с воздухом, распространяется до потолка и стен, конденсируется на них и нагревает их за счёт конденсации. Ввиду большой величины скрытой теплоты конденсации пара для вывода всего тепла каменки в помещение требуется не столь уж много воды – 20–25 кг, в то время как при суховоздушном конвективном выводе тепла из каменки в помещение бани потребовалось бы до нескольких сот килограммов воздуха. Весь получившийся конденсат оседает на стенах, частично впитываясь в древесину, а частично стекая на пол, что требует потом длительной просушки стен. Кроме того, столь большие каменки (20 кг камней на 1 м<sup>3</sup> бани) слишком сложно разместить в кирпичных печах, хотя в чёрных банях и городских общественных банях порой использовались ещё более крупные каменки (правда открытые) – до 60 кг камней на 1 м<sup>3</sup> бани (парилки). Поэтому в банной России, где строились всевозможные бани, в том числе обогреваемые только паром, всё же наиболее типичной конструкцией считалась баня, предварительно нагреваемая печью (до температуры 60°C у потолка), которая затем уже увлажнялась и дополнительно прогревалась острым паром из каменки, имеющей разумный насыпной объём. Так, каменка объёмом 50 литров и массой 50–70 кг, нагреваясь до температуры 400°C и выше, аккумулирует до 4–5 кВт час тепла, что вполне достаточно для получения 5–6 кг пара. Для однократного увлажнения бани до средней абсолютной влажности воздуха в бане порядка 0,05 кг/м<sup>3</sup> и выше требуется около 0,5 кг пара.

Вместе с тем, процессы нагрева и увлажнения паром в такой бане носят локальный и временный характер, то есть горячая паровая зона может быть с успехом создана лишь в какой-то ограниченной зоне бани, причём



на ограниченное непродолжительное время. При этом человек, пытаясь создать в бане оптимальные условия для глубокого и приятного прогрева тела, приспосабливается к конкретным особенностям бань и старается использовать их с максимальным удобством и эффективностью. Зачастую эти особенности бань превращаются в быту из объективных недостатков в субъективные достоинства: техническое несовершенство бань закладывается в основу особых национальных традиций парения, придающих банной процедуре неповторимый эмоциональный оттенок, столь важный для развлекательных бань, в первую очередь любительских.

Чем менее технически совершенна баня, тем большее «банное мастерство» требуется проявить пользователю бани. Не вникая в тонкости народных привычек и навыков, рассмотрим ниже сущность трёх основных приёмов парения в русских паровых банях. Все эти приёмы подразумевают использование веника из веток (побегов) берёзы, дуба, крапивы и многих других растений по вкусу любителя бани. Конечно же, любая классификация способов парения весьма условна и никогда не соблюдается строго в народном быту, но необходима для выявления технической сути процессов.

## 7.2. Парение веником как опахалом

Ясно, что баня с температурой пола 20°C и температурой полки 40°C не может быть жаркой. Поэтому в народе с незапамятных времён широко используется приём повышения тепловых нагрузок на тело – так называемое «парение веником». Суть его заключается в том, что мощными поддачами сильно разогревают и увлажняют потолок и создают около него горячую «паровую зону», состоящую из горячего влажного воздуха. Веник как опахало «зачерпывает» этот горячий воздух, располагаемый у самого потолка, и экономно направляет его именно туда, куда нужно, например, на спину человека. Иными словами, человек, не имея возможности расположиться в самом тёплом месте бани (у потолка), перемещает веником (ветром) близпотолочные тёплые метеоусловия к себе точно так же, как палкой подталкивал бы к себе труднодоступные удалённые предметы. Прогревшись «веником», человек уже может мыться с комфортом даже в прохладном месте (на нижней полке) и прохладной водой, то есть используя необходимый и неизбежный этап охлаждения разгорячённого тела после прогрева с пользой (для мытья, в том числе и ледяной водой из проруби).

В любительских банях, которые во всяком случае протапливаются очень тепло без строгой экономии дров и времени для будущего

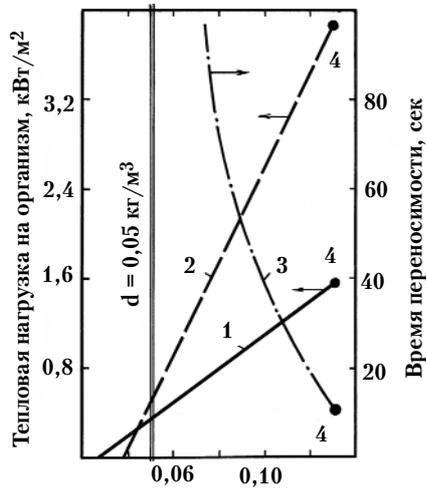


Рис. 52. Тепловые потоки на мокрую кожу (кривые 1 и 2) и времена переносимости соответствующих метеорологических условий (кривая 3) при температуре 60°C (см. рис. 45, 46). Кривая 1 – при отсутствии движений воздуха, кривые 2 и 3 – при скорости движения воздуха  $V=1$  м/сек. Точка 4 соответствует насыщенному пару при 60°C, то есть максимально возможной при 60°C абсолютной влажности воздуха 0,13 кг/м<sup>3</sup>.

неспешного удовольствия (в отличие от иных простонародных мытных бань), парение веником приобретает дополнительный смысл. Дело в том, что любители парных бань на то и любители, что любят «погорячее». Но вбежать на 10–20 сек в жаркую до предела баню и тотчас выскочить, не выдержав невероятного жара, занятие не столь увлекательное. Поэтому любители бани располагаются на полке (лёжа или сидя) с таким расчётом, чтобы телу было тепло, может быть, даже жарко, но терпимо. При этом желательна низкая влажность воздуха (ниже 0,05 кг/м<sup>3</sup>), чтобы носоглотка не нагревалась, а ещё лучше, чтобы привычно охлаждалась при вдохе («лёгкий дух»). Затем веником гонят на тело горячий влажный воздух с потолка с таким расчётом, чтобы тепловой поток на тело стал на пределе возможности вытерпеть за время взмаха веником, то есть с переносимостью для кожи порядка 10 сек. Поскольку веником гонят воздух порциями, тепловые импульсы на тело имеют небольшую продолжительность, заведомо меньшую времени переносимости кожей. Таким образом, процесс парения веником имитирует периодическое размещение отдельных частей тела человека на короткое время в экстремальную климатическую зону горячего воздуха у потолка. При этом человеку не надо никуда «вбегать и выбегать», «влезать и вылезать», он комфортно лежит или сидит на полке и самостоятельно регулирует уровень и длительность тепловых импульсов с потолка скоростью движения веника.

Так, если у потолка воздух прогрет до 60°C и имеет максимальную для этой температуры влажность 0,13 кг/м<sup>3</sup> (то есть потолок мокрый), то движением веника от потолка вниз можно получить мощный импульс тепла на тело человека. Например, если скорость нисходящего потока воздуха составит величину порядка 1 м/сек, то тепловой поток на тело

человека может мгновенно повыситься до 3–4 кВт/м<sup>2</sup>, что соответствует временам переносимости на уровне 10 сек (рис. 52). Поэтому температура у мокрого потолка русских паровых бань для любительского парения должна быть не ниже 60°C. На практике часто потолок прогревается до ещё более высоких температур 70–90°C, а полки (на уровне колен и груди) – до 50–60°C. В этих условиях тепловые потоки от веника могут стать запредельными для кожи человека, и для того, чтобы не ошпариться, любитель парной бани должен крайне внимательно следить за тем, чтобы метеоусловия у потолка не стали бы чрезмерно жёсткими. Контроль метеоусловий обычно осуществляется помахиванием рукой у потолка, лёгкими пробными движениями веника и т. п., то есть без применения термометров и гигрометров чисто житейскими приёмами.

### 7.3. Парение методом поддач

Если в бане тепло (например, если печь имеет чугунный настил или стены уже прогрелись от поддач), то горячий влажный воздух, пригодный для парения, можно приготовить и на уровне полка. Человек при этом сидит (или лежит) на полке, подбрасывает воду в каменку, разгоняет пар веником и, почувствовав, что кожу начинает покалывать от горячей росы, может похлопывать себя веником. Такая процедура характерна и для современных саун при поддачах.

Пар, вырывающийся из дверцы закрытой каменки, имеет форму невидимой глазом струи, которая затем смешивается с воздухом в бане. Начальная абсолютная влажность в струе 0,58 кг/м<sup>3</sup> означает, что пар при выходе из каменки вначале способен сконденсироваться в бане на всём, что имеет температуру ниже 100°C. Несмотря на малую продолжительность воздействия, паровая струя обычно ошпаривает человека, если он попадает непосредственно в зону её распространения. Поэтому любитель бань крайне внимательно выбирает количество воды для поддач и местоположение своего тела относительно ожидаемой траектории движения струи пара.

Так, подав 0,5 кг горячей воды в каменку с массой 50 кг с температурой 400°C, получаем (в зависимости от конструкции каменки) от 1 м<sup>3</sup> пара при температуре 100°C до 2 м<sup>3</sup> пара при температуре 400°C с влажностью (абсолютной влажностью) от 0,58 кг/м<sup>3</sup> до 0,3 кг/м<sup>3</sup>. При мощности каменки (по получению пара) на уровне 600–800 кВт испарение порции воды 0,5 кг происходит за 2–3 сек (хлопком). Образовавшаяся струя прозрачного пара объёмом 1–2 м<sup>3</sup> поднимается преимущественно вверх и, смешиваясь с воздухом, достигает потолка. В бане объёмом 10 м<sup>3</sup> человек может уклониться от непосредственного контакта со струёй, но в целях

безопасности чаще всего поддают более мелкими порциями. Причём каждый раз струю обмахивают веником (опахалом, полотенцем, простыней), чтобы она быстрее перемешалась со всем воздухом в бане. Эта операция перемешивания называется «разгоном пара». Можно направить струю с помощью веника вниз к полу («посадить на пол»), при этом почти наверняка весь пар сконденсируется на полу, подогрев его.

Если удачно «разогнать пар» равномерно по всему объёму бани, то при исходной абсолютной влажности воздуха в бане, например,  $0,03 \text{ кг/м}^3$  получим в объёме бани конечную абсолютную влажность воздуха порядка  $0,08 \text{ кг/м}^3$ , что соответствует точке росы  $50^\circ\text{C}$ . Это значит, что водяные пары из такого воздуха уже не могут конденсироваться на потолке с температурой  $60^\circ\text{C}$ . Но конденсироваться на стенах, полках и полах могут. Будут конденсироваться водяные пары и на теле человека, нагревая кожу и вызывая приятные ощущения пощипывания и покалывания в первую очередь на ушах, особенно при обмахивании веником. Быстро образовавшись, повышенная влажность воздуха довольно быстро и исчезает за счёт диффузии пара на стены и конденсации на них, а также за счёт упорядоченных конвективных потоков воздуха во всей бане в целом, вызванных, в частности, нагревом воздуха печью. Так, если в нашем случае мощность теплопередачи печи в воздух составляет 2 кВт, то время осушения воздуха не превышает 5 минут (см. раздел 5.5), а при обмахивании бани веником ещё меньше. Таким образом, при поддаче и последующем разгоне пара любитель бани, сидя на полке, получает непродолжительный импульс нагрева, после которого метеоусловия в бане возвращаются практически на прежний уровень.

Важно подчеркнуть, что энергетическая мощь струи пара из каменки практически полностью определяется количеством пара, а не его температурой (вопреки мнению многих любителей бань). Действительно, энерго-содержание  $0,5 \text{ кг}$  пара при температуре  $100^\circ\text{C}$  (при объёме пара  $1 \text{ м}^3$ ) составляет  $0,32 \text{ кВт час}$ , а при температуре  $400^\circ\text{C}$  (при объёме пара  $2 \text{ м}^3$ ) –  $0,38 \text{ кВт час}$ . Иными словами, разогрев пара, исходящего из каменки, от  $100^\circ\text{C}$  до  $400^\circ\text{C}$  даёт прибавку к энерго-содержанию пара в струе не более, чем 15%. Так что, тепловые ощущения человека в бане не столь уж сильно зависят от степени нагрева пара в каменке. Получение как можно более перегретого пара (как можно более сухого пара) в каменке важно по другой причине: запас тепла за счёт повышения температуры струи, равный  $0,06 \text{ кВт час}$ , позволяет во многих случаях предотвратить объёмную конденсацию пара с образованием тумана при резком смешивании пара со значительно более холодным воздухом в бане. Действительно, пар при  $100^\circ\text{C}$  достаточно охладить хотя бы на один градус, и тотчас появится туман в виде «клубов пара». А пар при  $400^\circ\text{C}$  можно охлаждать на  $300^\circ\text{C}$  (до



100°С) без опасения образования тумана. Перегретый до 400°С пар имеет не только более высокую температуру (позволяющую подогреть подмешивающийся воздух), но и более низкую плотность 0,3 кг/м<sup>3</sup> (вместо 0,58 кг/м<sup>3</sup>), что обеспечивает возможность быстрого подъёма пара к потолку. В результате пар конденсируется не в воздухе в виде тумана, а на потолке в виде росы. Это очень важно для рассматриваемых ниже процессов получения влажного потолка в бане, играющего роль постоянно действующего парогенератора, а также для нагрева веника в зоне у потолка.

Вместе с тем ясно, что появление тумана в воздухе прямо указывает на высокую эффективность передачи тепла от струи пара в воздух. Так, нагрев совсем холодной бани паром из каменки (или из магистрали со сжатым паром от парового котла) всегда неминуемо сопровождается появлением «клубов пара». А вот в прогретой бане «клубов пара» уже нет, и роль пара заключается не столько в нагреве воздуха, сколько в увлажнении его.

#### 7.4. Парение горячим мокрым веником (касаниями или хлестаниями)

Выше мы рассмотрели приёмы парения, в которых веник используется как опахало, причём в своих движениях веник может и не касаться тела человека. Ясно, что для этих целей веник может использоваться даже сухим, а также может быть заменён любым иным движителем воздуха (вентилятором, феном, полотенцем, простынёй, опахалом и т. п.), в том числе циркуляционным конвективным потоком, создаваемым в бане за счёт горячих стенок печи.

Имеются приёмы парения, для которых необходим именно мокрый (лучше распаренный) веник, а также необходимы касания тела веником. Суть приёмов заключается в том, что веник поднимают к горячему потолку, где он прогревается. Затем горячий веник прижимают к тому или иному участку тела человека, используя веник в качестве «утюга». Обычно веник настолько горячий, что долго вынести его прикосновение невозможно: чувствуются те же пощипывания и покалывания, что и при контакте кожи с горячей водой, только теперь тепловая нагрузка исходит от горячей воды, располагаемой на венике. Не в силах вынести длительное воздействие горячего веника, любитель бани поднимает его или перемещает на другой участок тела, испытывая удовольствие от прикосновения горячего веника и от его отведения. В результате получают шлепки и касания, не только прогревающие кожу, но и расчёсывающие, «отдирающие» загрязнения с кожи. Шлепок чересчур горячего веника может привести к ошпариванию (ожогу). Так что и здесь очень важно

выбрать те метеоусловия, которые не могут нагреть веник до чрезмерных температур.

В народе придумана масса различных нехитрых «правил» обработки тела веником. Это особая область споров и соглашений в процедуре любительских бань. Об этих «правилах» даже пишут целые книги. У разных знатоков эти правила разные, причём у каждого знатока свои единственно «правильные», «настоящие» и даже «научно обоснованные». Эти «правила» касаются пространственной и временной последовательности прижимов горячего веника к телу (веник «идёт» по телу сверху вниз, снизу вверх, в разбежку двумя вениками от середины или, наоборот, к середине тела и т. п.), силы прижимов (касания, удары, надавливания, шлепки, стегание, в том числе со сдвигом – «с оттяжкой»), частоты прижимов (накладывание, хлестание, потряхивание, поглаживания, растирание, разминание и т. п.). Чем более горячий веник, тем более разнообразной может быть гамма возможных движений веника, поскольку в основе процедуры лежит непереносимость человеком длительного прикосновения горячего веника и необходимость поэтому периодического переноса веника на новый участок тела. Имеется также масса способов изготовления веников, их сушки, выбора материала (берёза, дуб, крапива и т. д. вплоть до синтетических материалов), методов запаривания, в том числе в различных отварах и т. п.

Все эти вопросы относятся в народе к важнейшим символическим элементам «банного мастерства». Особую роль они играют в представительских банях, вообще не мыслимых без «демонстрации банного мастерства» хозяином (в гостевых банях) или специально приглашаемым (по найму или в качестве гостя) «знатоком» (банщиком, тамадой, бад-жокеем), «ведущим» банную процедуру.

В обычных развлекательных банях похлопывания веником служат скорее для удовольствия (и телесного, и морального), а вот в любительских банях веник используется «по-настоящему» – для хлестания (расчёсывания) в целях мытья. При этом «моются» веником все по-разному по своему разумению и без «правил», как просит «душа и тело».

Исходным и наиболее технически сложным моментом является нагрев веника. Ясно, что не прогрет как следует веник, нельзя получить парение методом касания. Конечно, веник можно в принципе нагреть даже в горячей воде, и это будет вполне банный приём. Действительно, окунание веника в посуду с горячей водой с встряхиванием и последующим расчёсыванием кожи ударами и скольжениями мокрого веника является не чем иным, как классическим банным приёмом мытья (водной процедурой в малом сосуде при использовании веника в качестве мочалки). Не вызывает сомнения, что такой приём мытья использовался ещё в да-



лёкой древности, причём, вместо веников использовались и ветошки, комки соломы, сена, веток.

Нагреть веник в горячем воздухе сложнее, чем в горячей воде. Сразу отметим, что веник можно прогреть воздухом до приличной температуры только методом конденсации паров воды из горячего воздуха. Это значит, что у потолка должны быть созданы экстремальные метеоусловия, отвечающие высокой влажности, много большей хомотермального уровня. Методы достижения таких условий будут обсуждены в разделе 7.5. Здесь мы только отметим, что в сухом воздухе можно нагреть только сухой веник. Мокрый веник в сухом воздухе не может прогреться из-за охлаждения за счёт испарения воды с листьев (точно так же как и влажный термометр). В хомотермальном влажном воздухе веник будет прогреваться очень долго (иной раз часами). Поэтому для нагрева веника до температуры 45–50°C требуется паровой нагрев (то есть с конденсацией пара) в зоне метеоусловий с температурой по влажному термометру не ниже 50–60°C (см. рис. 33) и абсолютной влажностью заведомо большей 0,05 кг/м<sup>3</sup>.

Для нагрева веника массой 0,5 кг от температуры 40°C до 50–60°C требуется совсем немного тепла – около 20–40 кДж, что соответствует конденсации на веник 5–10 граммов водяных паров. Но чтобы передать такое количество тепла венику с площадью 0,1 м<sup>2</sup> от воздуха с температурой 60°C, даже до предела увлажнённого до 0,13 кг/м<sup>3</sup>, потребуется около минуты даже при энергичном встряхивании и помахивании веником у потолка. Столь большое время прогрева веника часто оказывается обескураживающим, поскольку при парении веником как опахалом мощный импульс тепла на тело достигается мгновенно. Но всё становится ясным, если учесть, что мокрый веник является аккумулятором тепла. Он минуту прогревается, но и позволяет минуту прогревать человека со значительной мощностью. Поэтому любители бань стараются погорячее прогреть потолок, но это может привести к непереносимости горячих дуновений с потолка и невозможности париться веником как опахалом из-за ожогов кожи. Лучше всего не очень охлаждать веник и почаще (но на более короткое время) поднимать его к потолку. При этом, кстати, успевает прогреться лишь периферийная часть веника (внешние листочки), глубинная же часть остаётся тёплой (умеренно горячей). Поэтому при шлепке таким веником человек буквально на момент испытывает неимоверно горячее воздействие, поскольку тут же слегка «ошпаренный» участок кожи охлаждается глубинной частью веника.

Парение мокрым веником методом касания методически отличается от обычного хлестания веником, выполняющего роль расчёсывающего агента (мочалки) в чёрных банях, хотя и при хлестании неизбежно (но

вторично) происходит пропарка тела. Любители бань могут хлестаться и свежим (молодым несмоченным, зелёным несущённым) веником, расчёсывая распаренную потную кожу как колючей мочалкой точно так, как делалось в древних чёрных банях. Бывает и так, что свежим веником не просто хлещут или расчёсывают: веником бьют комлем, растирают кожу до крови, устраняя зуд и «разминая» тело до костей. Однако сушёный, а потом распаренный веник обладает более высокой прилипчивостью и шершавостью распаренного листа («прилип как банный лист»), что хуже при хлестаниях с целью расчёсывания, но лучше при касаниях с целью парения для нагрева кожи.

Не является догмой и использование самого веника из растительного сырья. Для пропаривания «горячими касаниями» вполне подходят полотняные полотенца (тампоны), шерстяные рукавицы и т. д. Они пропариваются и накладываются на тело. Особенно эффективны они для замены веника при мягком парении, когда терпимое тепло глубоко и приятно проникает вглубь тела. Аналогичным образом воздействуют тёплые воски (озокерит) или грязи в физиотерапии. Совсем близки по идейной сущности к горячим тампонам процедуры внеклиматических бань (см. раздел 10): каменные «прогреватели» – горячие мраморные лежа (чебеки) в хаммамах, куски талькохлорида в технологии стоунотерапии – лечении прогревом тёплыми камнями («stone» – по-английски «камень»).

В заключение отметим, что горячее парение мокрым веником (в отличие от иных методов хлестаний и расчёсываний) – это характерная особенность бань с горячим влажным потолком. Если потолок будет даже очень горячим, но сухим (как в сухих саунах), то прогреть можно будет только сухой веник, поскольку в сухом воздухе мокрый веник не может нагреться (по крайней мере, выше температуры по влажному термометру) из-за испарения воды с листьев веника (которые, кстати, при пересыхании веника могут осыпаться). Если потолок бани недостаточно горяч или недостаточно влажен, мокрый веник иногда нагревают в горячей струе, исходящей из каменки при подаче, или просто над раскалёнными камнями, или даже в горячей воде в шайке.

### 7.5. Увлажнение воздуха паром

Вышеописанные способы парения веником, конечно же, являются устаревшими процедурами, представляющие сегодня интерес лишь для любительских бань. Вряд ли они когда-нибудь возродятся в массовом порядке в городах в мытных (гигиенических) и физиотерапевтических



(лечебных) целях. Устарела конструктивно и сама русская парная белая баня. Тем не менее, анализ русских способов парения может быть положен в основу разработки современных аппаратов – кондиционеров, вырабатывающих потоки воздуха заданной температуры и влажности, в частности, для парения в банных аттракционах аквапарков.

С другой стороны, в любительских банях (как в русских, так и в финских) с вениками связывается порой вся красивая народная мудрость и глубинная суть паровой процедуры. Причём, если декоративная сторона вопроса (в части «правил» манипуляций с веником) вполне ясна (хотя условна и спорна), то более сложные технические аспекты объяснить порой не могут даже самые уважаемые знатоки бань. В первую очередь это касается способов увлажнения воздуха в бане, поскольку без «пара» (так называется в бане горячий влажный воздух) парение (в том числе и веником) невозможно. Чаще всего на практике пользуются тремя народными принципами: во-первых, «чем больше пара, тем больше жара»; во-вторых, «чем горячий (бойчей) пар, тем легче жар»; в-третьих, «бери (веником) пар там, где жар». Но помимо этой нехитрой мудрости надо знать определённо, как этот «пар» получать, в каком количестве и куда его направлять.

Сам по себе принцип увлажнения воздуха в бане в самом общем случае заключается в вводе в баню не чисто водяного пара из парогенератора, а увлажнённого воздуха, имеющего более высокую влажность, чем воздух в бане. Такой высоковлажный воздух должен вырабатываться специальным генератором горячего влажного воздуха, так называемым кондиционером, который представляет собой паровой котёл (чайник), продуваемый воздухом (см. раздел 10). Если температуры влажного воздуха из кондиционера, воздуха в бане, стен, потолков и пола бани равны между собой, то перемешивание можно вести любыми способами: всё равно рано или поздно всё благополучно перемешается без выпадения конденсата. Но в том то и дело, что температура влажного воздуха из кондиционера обычно намного выше температуры воздуха и стен в бане, и именно этот факт обеспечивает возможность высокой влажности воздуха в кондиционере. В этих условиях процессы смешивания связаны с охлаждением высоковлажного воздуха, что может вызывать конденсацию водяных паров с образованием тумана (клубов пара) или росы.

Прежде всего отметим, что подобные банные кондиционеры до сих пор не выпускаются, поэтому любителю бань приходится изготавливать их самостоятельно. Простейшим и древнейшим кондиционером выступает само помещение бани (парилки), в котором смешивается воздух бани с паром из парогенератора (то есть из кондиционера с нулевым содержанием



Рис. 53. Схема образования турбулентного пограничного слоя между струей пара и неподвижным воздухом. Крупные белые стрелки – вихри пара. Крупные чёрные стрелки – вихри воздуха, подсосываемого в струю пара.

воздуха). Широко рекламируемые ныне парогенераторы для саун и пародушевых кабин, представляющие собой открытые сверху сосуды (бачки) с электронагревателем (кипяильники, чайники), для белых бань не пригодны ввиду малой скорости парообразования. При электрической мощности 1,3 кВт (220 в, 6 а) парогенератор выдаёт около 1,5 кг пара в час (теоретически до 2 кг в час) с температурой 100°C. Необходимые для увлажнения воздуха в бане 0,5 кг пара будут выработаны в течение 20 минут. Но поскольку скорость циркуляции воздуха в бане с теплоотдачей печи 2 кВт составляет 12 раз в час (см. раздел 5.5), то одновременно с увлажнением за 20 минут воздух три раза проходит вдоль холодных стен и пола и, естественно, неминуемо осушается. Легко подсчитать, что с помощью такого парогенератора абсолютную влажность воздуха можно повысить не более, чем на 0,015 кг/м<sup>3</sup>. Это, конечно, чувствительно для мытной бани, но паровой режим (тем более экстремальный для любительского парения веником) получить невозможно.

Для достижения абсолютной влажности воздуха более 0,05 кг/м<sup>3</sup> в рассматриваемой нами бане необходимо испарить 0,5 кг пара за время не более 2–3 минут. При этом мощность парогенератора должна превышать 10–15 кВт. Электропарогенераторы такой мощности (до 150 кВт) давно уже производятся отечественной промышленностью в массовом количестве для использования в строительстве (пропарка бетона, отопление обледенелых конструкций и т. д.), в производстве (обогрев химваппаратов, пропарка сосудов, приготовление пищевых продуктов и т. д.), в прачечных, банях, столовых, кухнях и т. д. Ещё более распространены парогенераторы на твёрдом, жидком и газообразном топливе (так называемые паровые котлы для множества назначений). Все эти аппараты могут оказаться полезными лишь в крупных общественных банях из-за высокой установочной мощности. В любительских банях невольными парогенераторами мощностью 10 кВт могут стать котлы с водой (водогрейные баки), вмурованные в печь и омываемые дымовыми газами. При нежелательном закипании воды в таком котле баня заполняется клубами «тяжёлого липкого» пара (точно так же, как в плохо вентилируемых кухнях и особенно прачечных). Такая баня называется сырой и для парения в большинстве случаев не пригодна. Это указывает на то, что

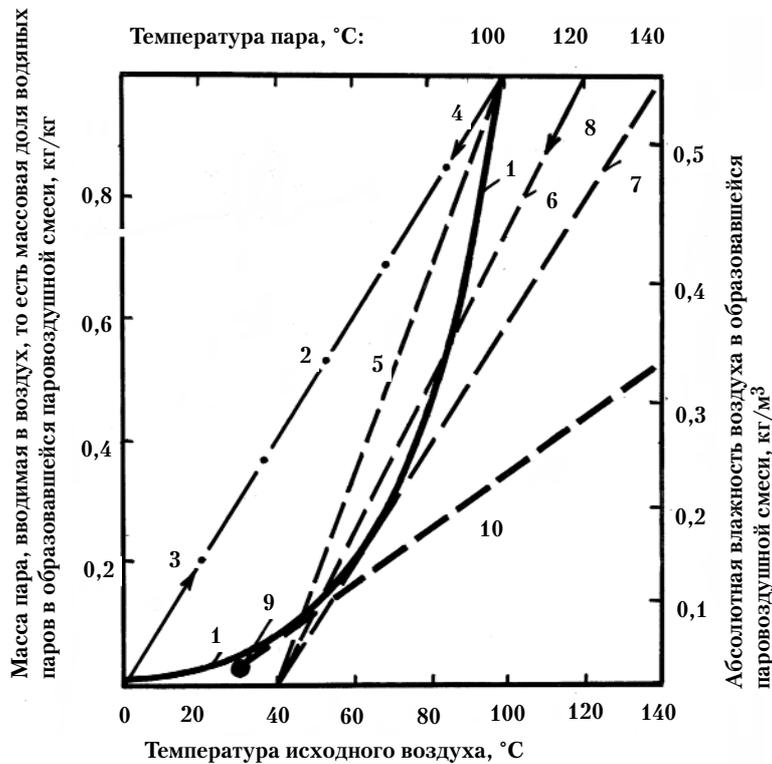


Рис. 54. График для определения возможности выпадения тумана при смешивании пара с воздухом. 1 – температурная зависимость равновесной (максимально достижимой) массовой доли водяных паров в воздухе (соответствует температурной зависимости давления насыщенного водяного пара на рис. 23), ниже кривой – прозрачный пар, выше кривой – туман; 2, 5, 6, 7 – зависимости температуры смеси пара с абсолютно сухим воздухом при различных массовых долях вводимого пара, представляют собой прямые, соединяющие значения температуры пара по верхней оси абсцисс и значений температуры воздуха по нижней оси абсцисс; 2 – для температуры пара 100°C и температуры абсолютно сухого воздуха 0°C, 5, 6, 7 – для температуры абсолютно сухого воздуха 40°C и температур пара 100, 120, 140°C соответственно. По стрелке 3 считаются состояния струи абсолютно сухого воздуха, истекающей в пар, а по стрелке 4 – струи пара, истекающей в абсолютно сухой воздух. В соответствии со стрелкой 4 струя пара с температурой 100°C при смешении с воздухом сразу же преобразуется в струю тумана, так как кривая 2 располагается выше кривой 1. В соответствии со стрелкой 8 струя пара с температурой 120°C при смешении со всё большими массами воздуха сначала невидима, затем преобразуется в струю тумана, а потом снова становится невидимой (см. рис. 55). Струи пара и воздуха на прямой 7 смешиваются без



образования тумана. Если воздух влажный, то состояние воздуха описывается не точками на нижней оси абсцисс, а точками над осью абсцисс, например, метеоточкой 9. В таком случае избежать появления тумана можно лишь при температурах пара выше  $300^{\circ}\text{C}$  (см. прямую 10).

в банях важно не только количество вводимого в баню пара и не только скорость ввода пара, но и метод ввода.

Наиболее удачным парогенератором для бань является каменка – куча (засыпка) камней (или чугунных чушек), нагретых до высокой температуры  $400\text{--}700^{\circ}\text{C}$ . Каменка является теплоаккумулирующим устройством, долго (часами) запаасающим тепловую энергию от теплового источника относительно невысокой мощности (до  $20\text{--}50\text{ кВт}$ ) и способным затем быстро (за секунды) испарять большие количества воды. Вырывающаяся из каменки струя чистого пара смешивается с воздухом бани, создавая высоковлажную паровоздушную смесь с точкой росы выше  $40^{\circ}\text{C}$ . Это смешение может производиться по-разному. В этом разделе мы рассмотрим прямое смешение пара и воздуха в турбулентном режиме. В разделе 7.8 мы рассмотрим противоположный случай – увлажнение паром потолка с последующим увлажнением воздуха испарениями с потолка.

Смешение струи пара с воздухом обычно происходит турбулентно: на границе движущегося пара по причинам газодинамической неустойчивости появляются перемешивающиеся между собой вихри, образующие пограничный турбулентный слой, переходящий затем в турбулентный след, состоящий из смеси хаотично смешивающихся вихрей пара и воздуха (рис. 53). Пар и воздух в соприкасающихся тонких струйках быстро обмениваются веществом и энергией. Струйки пара охлаждаются, отдают молекулы пара в воздушные струйки и взамен получают молекулы воздуха. Струйки же воздуха нагреваются, отдают в струйки пара молекулы воздуха и взамен получают молекулы пара. Создаётся весьма сложная картина внутренних течений и массотеплообмена в общей турбулентно смешивающейся струе, поднимающейся к тому же вверх (всплывающей) за счёт архимедовых сил. Разбираться в этом на «молекулярном» уровне сложно да и не нужно. Достаточно понять, что в каждый определённый момент времени в каждый объём пара в каждой струйке подмешивается какой-то объём воздуха и, наоборот, в каждый объём воздуха подмешивается какой-то случайный объём пара. Поскольку температура воздуха принята ниже температуры пара, то каждый объём пара по мере подмешивания воздуха будет постепенно охлаждаться, причём в предположении близости теплоёмкости воздуха и пара пропорционально массе подмешанного воздуха (рис. 54). Так, если исходная температура пара была равной  $100^{\circ}\text{C}$ , а исходная температура воздуха  $0^{\circ}\text{C}$ , то температуры смеси пара с воздухом будут описываться прямой 2. Эта прямая отражает

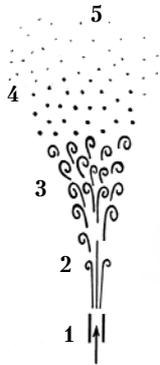


Рис. 55. Широкоизвестная структура струи перегретого пара в воздухе в самом общем виде: 1 – пароподающее отверстие, 2 – невидимая зона турбулентной струи, 3 – зона интенсивного туманообразования («клубы пара»), 4 – рассеивающийся туман (дымка), 5 – зона испарившегося тумана (увлажнённый воздух).

тривиальный факт, что параметры смеси (температура и абсолютная влажность) есть среднее арифметическое параметров исходных компонентов (воздуха и пара). При этом по стрелке 3 будут считываться температуры нагревающегося при смешивании воздуха, а по стрелке 4 – температуры охлаждающегося при смешивании пара. Поскольку вся прямая 2

находится выше кривой 1, отвечающей плотности насыщенных паров воды, возможно, а при длительном контакте и неизбежно выпадение конденсата в виде тумана («клубов пара») при любом смешивании «чистого» пара с температурой  $100^{\circ}\text{C}$  и абсолютно сухого воздуха с температурой  $0^{\circ}\text{C}$ . Но если происходит смешивание абсолютно сухого воздуха с температурой  $40^{\circ}\text{C}$  с «чистым» паром с температурой  $140^{\circ}\text{C}$ , то туман образоваться уже не может ни при каких условиях, поскольку прямая 7 целиком располагается ниже кривой 1. Если исходный воздух влажный, то вероятность туманообразования резко увеличивается (прямая 10).

В самом же общем случае процесс смешивания струи пара с воздухом характеризуется прямой 6: при считывании по стрелке 8 струя пара в первые моменты смешивания с воздухом сохраняется прозрачной, затем появляется туман, после чего туман испаряется, и струя вновь становится прозрачной (рис. 55). Такая картина известна каждому по истечению пара из чайника с раскалённым над газом носиком. Если же носик чайника не перегрет и имеет температуру  $100^{\circ}\text{C}$  и ниже, то прозрачный начальный участок струи отсутствует: «клубы пара» исходят прямо из носика.

Отметим, что невидимые глазом прозрачные области струи пара 2 и 5 (рис. 55) отличаются кардинально. Паровоздушная смесь в зоне 2 имеет высокую точку росы порядка  $100^{\circ}\text{C}$  и способна выделить конденсат (росу или туман и теплоту конденсации) практически везде и на всём, что есть в бане. Паровоздушная же смесь в зоне 5 представляет собой по существу увлажнённый воздух с точкой росы менее  $40^{\circ}\text{C}$  и потому способна выделить конденсат лишь на холодных полах. Действительно, паровоздушная смесь в зоне 5 образуется вследствие испарения тумана, а поэтому вновь сконденсироваться физически может лишь при температурах ниже температуры испарения тумана. Зона 2 соответствует экстремальным паровым баням, зоны 3 и 4 – туманным сырým баням (3 – обжигающим, 4 – душным), зона 5 – холодным влажным помещениям (рис. 55).



Таким образом, из рис. 54 однозначно следует, что для предотвращения образования тумана необходимо повышать температуру струи пара. Именно этим руководствуются в белых банях, повышая температуру каменки. Однако имеется и другой путь – подавать пар в зоны высоких температур воздуха, например, в припотолочные зоны бани. На рис. 54 видно, что пар с температурой 100°C не может дать туман, если воздух сухой и нагрет до температур выше 90°C. При этом, однако, чем выше влажность воздуха у потолка, тем до более высокой температуры надо его нагреть для предотвращения образования тумана при подаче пара под потолок.

### 7.6. Понятие сырого воздуха

Под сыростью в быту обычно понимают наличие компактной (жидкой) воды на поверхности предмета, в том числе в виде «мокроты» – воды, привнесённой извне. Например, свежесрубленная древесина «сырая» потому, что из неё сочится влага, вполне видимая глазом и осязаемая на ощупь как компактная вода. Если оштукатуренную стену (или потолок) до предела намочить водой так, чтобы вода больше не впитывалась, то такая стена будет считаться сырой. Если при отжатии из ткани течёт вода, то ткань сырая. В быту сыростью называют сырые стены помещения, на которых видны капли росы, подтёки конденсата или мокрота от протекающих водопроводных труб.

Но если на поверхности предмета вода не обнаруживается и тем не менее предмет содержит воду в порах, такой предмет называют влажным, а воду, которая содержится в порах, называют влагой. Если влага из предмета сочится (вытекает) в виде компактной воды, то эту воду в быту называют соком. Так, мокрая земля (то есть намочшая под дождём, намоченная или смоченная) может быть либо сырой (то есть с лужами), либо влажной (то есть содержащей внутри себя влагу, которая может сочиться, просачиваться, например, в колодцы или канавы).

Примерно такая же терминология применяется в отношении воздуха. Вода, испарённая в воздухе в виде водяных паров, называется влагой. Эта влага может выделяться из воздуха при охлаждении в виде конденсата (росы или тумана). Воздух называют влажным, если он имеет высокую относительную влажность, например, условно более 60% (см. раздел 4.2). При этом важно ещё раз подчеркнуть, что понятие «влажный воздух» является условным: при нагреве (в отсутствии компактной воды) влажный воздух (даже со 100% относительной влажностью) «осушается» сам собой (вплоть до сухого) в том смысле, что его относительная влажность как расчётная величина снижается (и только из-за повышения потенциаль-



ной способности воздуха поглотить больше воды в виде паров), хотя массовое количество самой влаги в воздухе вовсе не уменьшается.

Сырым воздухом в быту называется воздух в сырых помещениях. Сырой воздух – это высоковлажный воздух, строго поддерживающий 100%-ную относительную влажность, который «не осушается» при подъёме или снижении температуры стен помещения. Дело в том, что сырой воздух – это такой воздух, который постоянно контактирует с компактной водой в виде сырости на стенах. И при нагреве (стен и воздуха одновременно) в воздух поступает дополнительная влага, испаряющаяся со стен, повышающая абсолютную влажность воздуха и тем самым сохраняющая 100%-ную относительную влажность воздуха. Сырые помещения – это плохо вентилируемые помещения, поэтому в них накапливаются характерные запахи «затхлости», по которым люди обычно тотчас определяют наличие сырости. Очень часто любители бань заявляют, что реальный «пар» (то есть горячий влажный воздух) в бане складывается из «сырого пара» от холодных элементов бани (полов, нижних полок, листьев на полу и т. п.) и «сухого горячего пара», исходящего из каменки. Конечно же, это только субъективные ощущения, вызванные наличием запахов затхлости, в основном на полах. Человеческий организм не в состоянии воспринимать реальный воздух как сумму двух воздушных масс разной температуры и влажности, точно также как сухой горячий воздух не может приобрести сырость от добавления в него холодного сырого воздуха. Воздух в любой точке бани всегда характеризуется единой температурой и единой абсолютной влажностью.

Температура воздуха в сырых помещениях строго равна температуре стен (также по причине плохой вентилируемости). Кроме того, в быту какой-то абстрактной сырости не бывает, сырость воздуха всегда конкретна и относится к сырости конкретного помещения. Это главное бытовое условие понимания сырости. Если сырой воздух вывести из сырого помещения, то он может тотчас перестать быть сырым. Точно также, если воздух в сыром помещении нагреть, например, печью, а стены оставить при прежней температуре (из-за высокой теплоёмкости), то воздух тотчас перестанет быть сырым, хотя стены остаются сырыми. Человек может ошибочно посчитать этот нагретый воздух сырым только по сохранившемуся запаху. Около стен нагревающийся в объёме помещения воздух всё равно остаётся с температурой, равной температуре стен, и этот воздух остаётся сырым. Поэтому в народе говорят, что «стало посуше», но всё равно от стен «тянет сыростью». Если нагретый воздух (без вентиляции) долго держать в помещении именно нагретым, то рано или поздно и стены нагреются до температуры воздуха, увлажнят воздух своей сыростью, и воздух вновь станет сырым, но при повышенной тем-



пературе. Но если стены во время подъёма температуры высохнут, то уж воздух никогда не станет сырым, разве что только при понижении температуры. Так, если дождливым жарким летом вы наглухо запираете дачу без вентиляции и отопления и уезжаете, то осенью (или следующей весной) вы наверняка найдёте свои помещения сырими и затхлыми от плесени. Точно также, если в сыром помещении вы включаете общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию, то воздух в помещении тотчас перестаёт быть сырым, но со стен «тянет» сыростью. Если в результате долгой вентиляции стены высохнут, то после выключения вентиляции помещение и воздух перестанут быть сырими, а если стены не просохнут, то после выключения вентиляции помещение так и останется сырым.

Сырой воздух – это не просто максимально влажный воздух, полностью насыщенный водяными парами при какой-то конкретной температуре. Сырой воздух – это обобщенное бытовое понятие воздуха в помещении, остающегося всегда со 100%-ной относительной влажностью, вне зависимости от характера изменений температуры воздуха (стен). Только владея фундаментальным физическим (а не бытовым) понятием насыщенного пара, можно проанализировать многочисленные бытовые ситуации, связанные с сыростью, поскольку чисто умозрительными житейскими соображениями осознать явление сырости во всём его многообразии в быту зачастую бывает сложно. Сырой воздух и сырые помещения бывают и холодными (промоглыми), и тёплыми (душными), и жаркими (паровыми). Классическим примером тёплого сырого воздуха является воздух в лёгких. И только в лёгких он является сырым по отношению к лёгким с температурой 36°C (или по отношению к другим помещениям с температурой 36°C). Если выдох производится в сырое помещение с более низкой температурой (стен), то неизбежно образуется туман («пар изо рта при дыхании») или роса на стенах, поскольку воздух в сыром помещении до предела насыщен водяными парами и больше влаги в виде пара удерживать при этой температуре не может.

Сырой воздух может поддерживаться не только в сыром помещении, но и в тумане. Само существование тумана в воздухе (как и росы на стенах помещения) свидетельствует о том, что воздух некогда прежде остывал, и относительная влажность росла до 100%, после чего и стал выделяться туман, сохраняющий 100%-ную относительную влажность воздуха. Но наличие тумана свидетельствует также и о том, что относительная влажность воздуха может остаться на уровне 100% при повышении температуры за счёт испарения тумана. Иными словами, и роса, и туман обеспечивают постоянный контакт воздуха с компактной водой той же температуры, и вследствие этого обеспечивается предельно высокая относительная

влажность воздуха вне зависимости от температуры. При этом отличие росы от тумана для банщиков заключается в том, что роса сохраняется при залповом проветривании помещения, а туман полностью удаляется. Однако при отсутствии вентиляции туман более «оперативно» увеличивает абсолютную влажность воздуха при его нагреве для сохранения 100%-ной относительной влажности (из-за высокой скорости испарения при большой площади контакта воздуха с водяной поверхностью).

Учёт явления сырости очень важен при анализе белых паровых бань, основанных на увлажнении и сопровождающихся выделением росы и тумана. Сырые помещения в быту обычно являются холодными, промозглыми. А вот сырые бани с мокрыми потолками и стенами после поддач, как правило становятся, наоборот, очень жаркими. Как будет показано ниже, это объясняется тем, что сырые стены и потолки не могут сорбировать влагу из воздуха гигроскопически, вследствие чего при заданной температуре сырые бани самые влажные, а потому и самые горячие, отвечающие экстремальным режимам (кривым 4 на рис. 32 и рис. 33). В этом легко убедиться, открыв кастрюлю с горячей водой: моментально образующийся в кастрюле туман вовсе не «промозглый», а обжигающий. Ясно при этом, что температура воздуха в кастрюле равна температуре воды, поскольку единственным источником нагрева воздуха является вода. Точно также и в белой бане с кирпичной печью нет мощных источников тепла (кроме пара) и температура воздуха неизбежно стремится после поддач к температуре стен бани. Если бы в бане была металлическая печь, то воздух мог бы быть горячей стен, и понятие сырости воздуха не существовало бы.

### 7.7. Понятие «лёгкого пара»

Человек, выдыхая воздух из лёгких, оставляет в носоглотке и трахеях некоторое остаточное количество сырого воздуха, полностью насыщенного паром при температуре 36°C. Рассмотрим, что произойдёт, если человек вдохнёт сырой воздух, но с иной температурой, например, 90°C, и перемешает его со «своим сырым воздухом» в носоглотке с температурой 36°C. Для анализа воспользуемся графиком на рисунке 54, ранее оказавшимся полезным для изучения смешивания пара с сухим воздухом, и перестроим его применительно к смешению двух газов с разными абсолютными влажностями (рис. 56).

Сырой воздух – это воздух, до предела насыщенный водяными парами, отвечающий кривой 4 на рис. 33, кривой 1 на рис. 54 и повторенной в виде кривой 1 на рис. 56. На кривой 1 отложим метеоточку 3, отвечающую воздуху в носоглотке, полностью насыщенному водяными парами



при температуре носоглотки  $40^{\circ}\text{C}$  (точнее  $36^{\circ}\text{C}$ , но как и прежде температуру тела условно примем равной  $40^{\circ}\text{C}$  без ущерба для качественных выводов). Через метеоточку 3 проходит горизонтальная хомотермальная прямая 2, отвечающая абсолютной влажности воздуха  $0,05 \text{ кг/м}^3$  в виде кривой на рисунке 56. Через метеоточку 3 проходит горизонтальная хомотермальная прямая 2, отвечающая абсолютной влажности воздуха  $0,05 \text{ кг/м}^3$  в виде кривой на рисунке 56. На кривой 1 отложим также метеоточку 4, отвечающую сырому вдыхаемому воздуху. Например, с чисто условной экстремально высокой температурой  $90^{\circ}\text{C}$  (но можно расположить точку 4 при любой иной температуре без малейшего ущерба для качественного результата анализа).

Человек, начиная вдох, подмешивает к воздуху в носоглотке с метеопараметрами 3 воздух с метеопараметрами 4. При этом в носоглотке образуется смесь двух «воздухов» разной влажности и температуры. Метеопараметры смесей располагаются на прямой 6, причём, чем глубже вдох, тем больше внешнего сырого воздуха поступает в носоглотку и тем дальше по стрелке 8 располагается метеоточка смеси. Впрочем количество вдыхаемого воздуха не играет роли, поскольку вся прямая 6 располагается выше кривой 1, а значит малейший вдох приведёт к образованию тумана в носоглотке. Это частный случай самого общего заключения: сырой воздух всегда смешивается с другим сырым воздухом с образованием тумана. В нашем случае это означает, что и при выдохе в сырой воздух бани также образуется туман.

Все знают, что в туманную погоду не очень хорошо дышится. Считается, что капельки тумана каким-то образом раздражают слизистые оболочки носоглотки, трахей, бронхов. Особую роль играет мерцательный эпителий (особые клетки с ресничками), выстилающий слизистую оболочку носовой полости и трахеи. При раздражении эпителия носа возникает чихание, при раздражении эпителия трахеи – кашель. Гортань и глотка эпителия не имеют, а потому и малочувствительны к туману. Этот факт используется в физиотерапии при ингаляционных способах медикаментозного лечения именно через рот.

Водный туман не считается вредным веществом, и ни одна страна не ввела предельно-допустимых концентраций для аэрозолей воды. Более того, растворы на основе воды используются для лечебных ингаляций. В то же время ясно, что для многих людей туман (даже тёплый) оказывает угнетающее действие, а при астме – удушающее. Отметим, что в промышленности для самых безвредных веществ типа дорожной пыли установлена предельно-допустимая концентрация (ПДК) аэрозолей на уровне  $10 \text{ мг/м}^3$  (то есть при такой концентрации человек может работать без респиратора всю жизнь по 8 часов в день без вреда для здоровья). Для ги-

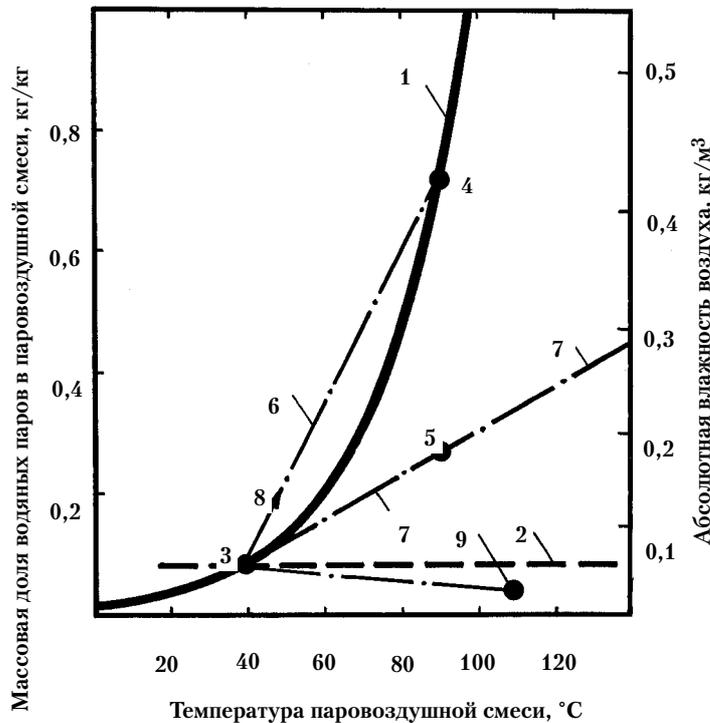


Рис. 56. График для определения возможности выпадения тумана при смешении сырого воздуха с температурой  $40^{\circ}\text{C}$  и влажного воздуха с иной температурой. 1 — то же, что и кривая 1 на рисунке 54, 2 — хомотермальная прямая, соответствующая постоянной абсолютной влажности воздуха  $0,05 \text{ кг/м}^3$ , 3 — метеоточка, отвечающая сырому воздуху в носоглотке, 4 — метеоточка, отвечающая сырому воздуху при температуре  $90^{\circ}\text{C}$ , 5 — модельная метеоточка, отвечающая воздуху с относительной влажностью 40% при температуре  $90^{\circ}\text{C}$ , 6 и 7 — температуры и влажности смесей газов с разными исходными метеоточками при разных массовых соотношениях газов в смеси, 8 — стрелка, указывающая порядок изменения состава и температуры паровоздушной смеси в носоглотке при всё более глубоком вдохе, 9 — метеоточка, отвечающая одному из типичных режимов сухих саун.

драоэрозолей оборотной воды на основе очищенных сточных вод ПДК предварительно установлен на уровне  $20 \text{ мг/м}^3$ , для сажи (дыма)  $0,15 \text{ мг/м}^3$ . Примерно такие же уровни концентрации аэрозолей используются в физиотерапии при ингаляциях, а также достигаются в атмосфере:  $(0,1-10) \text{ мг/м}^3$  в туманах-дымках и до  $10000 \text{ мг/м}^3$  в тучах. Аэрозоли  $10 \text{ мг/м}^3$  не видны глазом в объёме бани (из-за малости пути рассеивания),

а вот порядка  $1000 \text{ мг/м}^3$  уже заметны, а  $10000 \text{ мг/м}^3$  явно видны в виде «клубов пара». Для ориентировки напомним, что обычный медицинский аэробаллончик для купирования приступов астмы выдаёт разовую порцию аэрозоля  $50 \text{ мг}$  в объём порядка  $1 \text{ литр}$ , что обеспечивает концентрацию до  $50000 \text{ мг/м}^3$ . Такая концентрация аэрозоля вызывает моментальную судорожную приостановку вдоха, но больной астмой, как ни странно, привыкает к процедуре и пользуется ею годами.

Не обсуждая медицинскую полезность или вредность ингаляций аэрозолей воды, можно предположить, что аэрозоли воды, раздражая дыхательные пути, подавляют желание делать глубокие вдохи, а это как раз бывает и в запылённых помещениях даже при отсутствии явных желаний чихнуть или покашлять. В народе говорят, что туманный воздух «тяжёлый». Очень многие слабые раздражения при длительном воздействии создают ощущения дискомфорта и даже непереносимости. Не являются исключением и слабые раздражения трахеи туманом.

Ну а какой же воздух может быть «лёгким» в том смысле, что его приятно вдыхать, причём вдыхать глубоко, «ненасытно»? Согласно рассмотренной выше модели это воздух, отвечающий метеоточкам 5 (рис. 56), которые будучи соединёнными прямыми 7 с точкой 3, дадут такую прямую 7, которая не пересекает кривую 1, а касается. Область ниже прямой 7 представляет собой воздух, недонасыщенный водяными парами (осушённый). Такой воздух будем называть «лёгким».

Таким образом, воздух с температурой, например,  $90^\circ\text{C}$  при низких абсолютных влажностях менее  $0,05 \text{ кг/м}^3$  ощущается как свежий («лёгкий дух»), поскольку носоглотка при вдохе охлаждается. При абсолютной влажности порядка  $0,05 \text{ кг/м}^3$  воздух при вдохе ощущается как «влажный» (ни охлаждающий и не нагревающий заметно носоглотку). Этот «влажный» воздух является «лёгким» в том смысле, что не раздражает трахеи, но поскольку постепенно нагревает лёгкие, то при длительном воздействии ощущается как душный. Духота – это недомогание от недостатка кислорода в крови, в том числе и из-за перегрева лёгких. При абсолютных влажностях ( $0,05\text{--}0,17$ )  $\text{кг/м}^3$  воздух при вдохе ощущается как сухой «лёгкий пар», мягко и глубоко прогревающий носоглотку и трахеи. При абсолютных влажностях более  $0,17 \text{ кг/м}^3$  (и относительных влажностях выше  $40\%$ ) воздух начинает раздражать трахеи и сильно обжигать носоглотку, ощущается как сырой обжигающий «тяжёлый» пар. Само собой разумеется, все эти соображения о тумане никак не отменяют обычную конденсацию водяных паров на стенках в дыхательных путях, поэтому-то мы и называем горячий воздух влажностью выше  $0,05 \text{ кг/м}^3$  «паром». Долгие воздействия «пара» также приводят к перегреву лёгких, и в конце концов «лёгкий пар» становится душным.



В заключение отметим, что, в отличие от русских, у финнов понятие «лёгкого пара» не столь развито и принято. Это объясняется тем, что финны не имеют многовековой истории городских паровых бань. Они быстро перескочили в XX веке с дымных саун на ванны и души. «Бездымные сауны» у финнов были лишь эпизодом, и современные сауны ими воспринимаются скорее как продолжение традиций дымных саун (чёрных курных бань). А понятие «лёгкого пара» относится конечно же в первую очередь к белым баням. Мы здесь не имеем в виду выражение «с лёгким паром», являющееся лишь народным бытовым приветствием-пожеланием типа «как поживаешь» или «будь здоров», не требующее какого-то ни было анализа.

### 7.8. Потолок как парогенератор (кондиционер)

Пар из каменки, поднимаясь вверх, увлажняет преимущественно горячие припотолочные зоны воздуха. При температуре потолка  $60^{\circ}\text{C}$  максимально возможная абсолютная влажность воздуха составит  $0,13 \text{ кг/м}^3$ , при превышении которой начинается конденсация водяных паров либо в виде тумана или, что более вероятно, в виде росы на потолок. Всем любителям бань известно неприятное явление капания горячих капель воды (конденсата) с потолка на тело при сильных поддачах. Это явление наблюдается на зонах потолка, обшитых железом, на каменных (кирпичных, бетонных) оголовках (распушках, разделках) печи, на крашенных досках потолка и даже на головках гвоздей, то есть на всех непористых элементах потолка. Если же потолок бревенчатый (дощатый) или оштукатуренный, то конденсирующаяся влага тотчас впитывается в пористый материал, и капания конденсата с потолка не наблюдается.

В том, что деревянный потолок белой бани при поддачах действительно увлажняется, можно легко убедиться, завинтив в потолок рядом в 2 сантиметра друг от друга два самореза вдоль волокон и замеряя электропроводность древесины мегометром до и после поддачи.

Факт увлажняемости пористого потолка имеет два важных следствия. Во-первых, увлажнённый пористый потолок становится резервуаром для хранения воды, которая впоследствии испаряясь, может затем долго увлажнять воздух вблизи потолка. Во-вторых, абсолютная влажность воздуха вблизи пористого потолка неизбежно ниже, чем вблизи непористого потолка по причине гигроскопичности материала – уменьшения давления насыщенных паров при уменьшении радиуса кривизны компактной жидкости в капиллярах древесины (рис. 25).

Паровые бани с непористыми (невлагоёмкими) потолками и стенами называют сырыми, поскольку воздух в них сырой (имеет 100%-ую относительную влажность у потолка). Паровые бани с пористыми (влагоёмкими)

потолками могут иметь воздух «лёгкий», то есть не сырой, осушенный (влажный или даже сухой). Если же пористый потолок увлажнён до предела, то баня сырая.

Оценить субъективную (органолептическую) разницу «пара» (то есть горячего увлажнённого воздуха) около непористого и пористого потолка может каждый с помощью самого обычного домашнего «ингалятора»: кастрюли с горячим содержимым, над которой склоняются и вдыхают «пар», желательно через трубку или воронку (например, обрезанную пластиковую бутылку). Если в кастрюле горячая вода, то воздух в кастрюле сырой «тяжёлый», обжигающий глотку при вдохе и лицо при выдохе. Если же в кастрюле горячая варёная картошка с той же температурой (а вода слита), то «пар» заметно мягче, что и используют часто в быту с пользой для здоровья. Высокая мягкость «лёгкого пара» над картошкой обусловлена гигроскопичностью варёного картофеля, которая снижает абсолютную влажность воздуха в кастрюле. Отметим попутно, что если горячую варёную картошку охладить в кастрюле с закрытой крышкой, то на дне кастрюли мы обязательно обнаружим воду. Это означает, что влага из картошки может испаряться, а затем конденсироваться на более холодных стенках кастрюли. То же самое происходит в бане с древесиной.

Гигроскопичность – это способ материала поглощать водяные пары из воздуха при температурах ниже точки росы, то есть тогда, когда на непористом материале (например, стальном листе) не может выделяться влага из воздуха в виде росы. Как уже отмечалось в разделе 4.2, свойство гигроскопичности обусловлено наличием в материале смачивающихся мелких (ультрамикроскопических) капилляров, измеряемых сотыми или тысячными долями микрометра. В таких смачивающихся капиллярах над вогнутой поверхностью менисков давление водяного пара меньше, чем над плоской поверхностью воды. Так, при 20°C зависимость относительного понижения давления насыщенного водяного пара  $p/p_0$  от радиуса  $r$  (в нанометрах,  $10^{-9}$  метра) имеет вид:

$p/p_0$	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
$r$ , нм	0,67	1,17	2,11	4,83	10,3	21,9	107	1077

При радиусе капилляра  $r=100$  нм=0,1 мкм давление насыщенного пара снижается всего на 1%, а при  $r=1$  нм=0,001 мкм уже в два раза. Несмотря на столь малые размеры капилляров, их в древесине много: при заполнении всех таких капилляров водой относительная влажность древесины составит примерно 30% (предел гигроскопичности). Вода в микрокапиллярах называется связанной. Температура замерзания связанной влаги составляет минус 1°C при относительной влажности древе-