

(58,4%) регистрировалась у рабочих горячих профессий (против 39,1% в контрольной группе). Это чаще всего гипертрофические риниты, катаральные фарингиты, хронические тонзиллиты, заболевания придаточных полостей носа, гортани. Этиологическим моментом этих заболеваний можно считать воздействие высокой температуры, резких температурных колебаний, приводящих постепенно к застойной гиперемии и в дальнейшем к гипертрофии слизистой оболочки носа, глотки. Большая частота патологических изменений ЛОР-органов у рабочих горячих профессий является одной из причин высокого уровня заболеваемости катарам верхних дыхательных путей с потерей трудоспособности.

Заболевание глаз, возникающее у рабочих стекольных заводов под влиянием лучистой энергии — катаракта стеклодувов — описано впервые в 1917 г. Позднее многие исследователи отмечали поражение хрусталика, блефароконъюнктивиты, ожоги, помутнение роговицы и даже поражение сетчатки.

При обследовании состояния органа зрения, проведенном Ц. П. Медведовской (1955—1967), у 91 рабочего горячих профессий стекольных заводов не наблюдалось ни одного случая лучевой катаракты. Отмечались лишь легкая ячеистость и неравномерная пигментация в области желтых пятен у части работающих в условиях воздействия инфракрасной радиации. В 19% случаев у них обнаружены также дегенеративные изменения конъюнктивы (в контрольной группе — 6,8%). Отмечен более высокий уровень этих изменений с увеличением стажа работы. В 1974 г. Ц. П. Медведовская у стеклодувов, баночников, наборщиков стекла с большим производственным стажем выявила некоторые признаки раннего старения хрусталика (в  $20,5 \pm 2,5\%$  при  $6,3 \pm 4,5\%$  в контрольной группе). Часто наблюдались блефароконъюнктивиты, птеригии, в отдельных случаях — дистрофические изменения в области желтого пятна.

## **ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА**

Гигиеническое нормирование факторов внешней среды представляет собой сложный процесс, требующий дифференцированного подхода применительно к каждой группе этих факторов и к каждому в отдельности.

Факторы внешней среды, подлежащие гигиеническому нормированию, можно разделить на 2 группы: факторы, в постоянном взаимодействии с которыми протекает жизнь человека, и

факторы, наличие которых в окружающей среде не только не обязательно, но нежелательно или вредно для здоровья (Г. Х. Шахбазян, И. М. Трахтенберг, 1965). К первой группе можно отнести микроклимат, освещение, пищевые вещества и т. д., ко второй группе — токсические вещества, радиацию, пыль, шум, вибрацию и др.

Человеческий организм в процессе развития выработал по отношению к первой группе ряд сложных приспособительных механизмов, позволяющих в известных пределах сохранить постоянство жизненных функций. По отношению к этой группе задача гигиенического нормирования — научно обосновать оптимальные условия, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность организма, его гомеостаз. Предложение выделить 5 уровней, в особенности предельно допустимых и предельно переносимых показателей микроклиматических условий (В. И. Медведев, 1974) нам представляется гигиенически необоснованным. Для гигиены труда значение имеет установление оптимальных и допустимых уровней производственного микроклимата.

В литературу прочно вошли термины «комфорт», «комфортные климатические условия» как условия, обеспечивающие наилучшее протекание жизни и трудовой деятельности человека.

Одни исследователи считают комфортом благоприятное субъективное ощущение, зоной комфорта — зону оптимальных ощущений. Другие — процессы теплообмена между организмом и средой и условия, при которых обеспечивается поддержание температуры тела на одном уровне. Мы предлагаем комфортными считать такие условия микроклимата, когда при хорошем теплоощущении тепловое равновесие организма обеспечивается без напряжения терморегуляторного аппарата, и физиологические сдвиги не выходят за пределы обычных колебаний, привычных для людей данного коллектива в данной климатической зоне.

**Теплообмен как критерий гигиенической оценки микроклимата.** В современных производственных помещениях нет уже тех неблагоприятных условий микроклимата, которые, по данным прежних исследователей, вызывали резкое нарушение теплового баланса организма, значительное повышение температуры тела, однако теплонакопление в организме имеется в ряде случаев и сейчас. Поэтому теплообмен используют как один из критериев гигиенической оценки микроклимата.

Н. К. Витте (1956) полагает, что изучение теплообмена человека дает гигиенисту и физиологу надежный метод, а температура тела дает представление о тепловом балансе и может

служить надежным критерием для решения вопроса о гигиеническом нормировании микроклимата.

Нарушение теплового равновесия — объективный, тревожный признак дискомфорта, повышение или понижение температуры тела — легко регистрируемое выражение этого, но можно ли утверждать, что нормальная температура тела всегда свидетельствует о комфорте? Какой ценой достигается это постоянство температуры тела и всегда ли это безразлично для организма?

В своих исследованиях мы убедились, что дискомфорт имеется в большом количестве случаев тогда, когда температура тела находится в пределах нормы.

Мы наблюдали, что температура тела оставалась в пределах  $36,3—36,7^{\circ}\text{C}$  при температуре воздуха от  $8$  до  $35^{\circ}\text{C}$ , скорости движения воздуха от  $0,1$  до  $5$  м/с, интенсивности лучистого тепла до  $2,0$  кал/см<sup>2</sup>·мин. При этом субъективные ощущения в одних случаях были комфортные, в других — дискомфортные. Пульс колебался в пределах от  $67$  до  $99$  уд/мин. Мы повторили наши исследования в производственных условиях на  $177$  рабочих. Оказалось, что при различных температурах воздуха, теплоощущениях, частоте сердечных сокращений температура тела оставалась одной и той же.

Тепловое равновесие в этих случаях сохранялось за счет перенапряжения терморегуляторных механизмов. Поэтому нужно согласиться с Н. К. Витте (1956), что наряду с определением теплового обмена человека необходимо производить дополнительные физиологические исследования (мышечная сила, возбудимость тканей, органов и систем, скорость кровотока, капилляроскопия, самочувствие и т. д.).

Тепловое равновесие и как выражение его ректальная температура широко используются за рубежом для решения вопроса о допустимых величинах тепловой нагрузки, которым подвергаются рабочие на производстве. Речь идет не о благоприятных условиях микроклимата, а верхних пределах температуры, при которых нет чрезмерных или трудных условий (Bedford, Trauer, 1955; Wyndham, 1955; Lind, 1963, и др.). Большинство зарубежных авторов считают, что терморегуляция происходит в физиологических пределах и работа считается легкой, когда ректальная температура не превышает  $38,5^{\circ}\text{C}$ , с чем, конечно, согласиться нельзя. Этот вопрос нуждается в дальнейшем изучении.

**Теплоощущения человека как критерий для гигиенической оценки микроклимата.** Наблюдения над человеком позволяют учитывать субъективную реакцию на условия внешней среды,

что представляет большую ценность для гигиенического нормирования микроклимата. Этой возможностью не обладает исследователь при работе с экспериментальными животными.

Нисколько не умаляя значения изучения объективно протекающих в организме человека и животных процессов и придавая им преимущественное значение в научном исследовании, нельзя не пользоваться ценным и точным методом, каким является субъективная реакция человека на внешние раздражения.

И. М. Сеченов стоял на твердых материалистических позициях в вопросе об ощущениях человека. В основе познания, говорил он, лежит присущее всякому человеку убеждение в существовании внешнего мира. И. П. Павлов рассматривал ощущения как наипростейшие субъективные сигналы объективных отношений организма к внешнему миру.

Однако данные субъективных наблюдений, самонаблюдений могут быть проверены путем сопоставления с данными, полученными объективными исследованиями. Дело в том, что наши органы чувств не обладают способностью отображать все, что нас может интересовать и в ряде случаев достоверность получаемых ощущением сигналов требует проверки.

Физиологический механизм возникновения теплоощущений не может считаться полностью установленным. Кожа неравномерно покрыта огромным количеством термических рецепторных систем. В настоящее время трудно судить о функциональной принадлежности тех или иных термических рецепторов.

Несмотря на большое число работ, посвященных проблеме температурной рецепции человека, все еще нет исчерпывающего объяснения механизмов, связанных с восприятием холода и тепла. Однако это не снимает вопроса о специфичности тепловых и холодových рецепторов, наличия в кожной поверхности неодинаковой чувствительности к различным раздражителям (О. П. Минут-Сорохтина, 1972).

В настоящее время считается установленным, что кроме специфических терморецепторов на термические раздражители кожи реагируют механорецепторы (О. П. Минут-Сорохтина, 1974). На теплоощущения влияет не только адекватный раздражитель, но и сигналы из внешней и внутренней среды. Холодовая и тепловая чувствительность свойственна коже и другим областям тела (полости рта, гортани, носа, желудка и др.). Считается, что на единицу поверхности тепловых точек приходится в 10 раз меньше, чем холодových (Joggo, 1963).

Исследования О. П. Минут-Сорохтиной (1949—1952) и других показали наличие терморецепторов во внутренних органах и

Таблица 11

Показатели физиологического состояния организма при различных теплоощущениях

Теплоощущения	Температура тела, °С	Частота пульса, уд/мин.	Влажность кожи, %	Число наблюдений
Комфорт	36,6	80,0	20	135
Тепло	36,9	93,2	75	84
Жарко	37,0	90,0	91	87

кровеносных сосудах. Наконец, многими исследованиями (Benzinger, 1963; Euler, 1964) установлено наличие терморцепторов в передней зоне гипоталамуса. Имеются указания на наличие температурной чувствительности нейронов и в других отделах центральной нервной системы.

Основная роль в возникновении теплоощущений принадлежит коже и ее развитой системе терморцепторов. Chatonnet, Sabanas (1965) нашли, что внешние температурные условия по разному воспринимаются в зависимости от внутренней температуры.

В наших исследованиях движущийся воздух с температурой 40°С воспринимался в зависимости от температуры кожи. Когда она была сухой и температура ее равнялась 36,5—37°С, регистрировалось ощущение горячего потока воздуха; если же кожа была покрыта потом, который, испаряясь, снижал ее температуру до 33—34°С, тот же поток воздуха производил освежающее действие.

В ряде опытов, когда кожа лба была покрыта потом, а кожа груди суха, обдувание воздухом температуры 40°С вызывало снижение температуры кожи лба до 33°, в то время как температура кожи груди поднималась до 36,5°С. Исследуемые ощущали на лбу движение прохладного воздуха, а на груди теплого и даже горячего.

Изменение температуры кожи как выражение реакции организма на воздействие факторов внешней среды коррелирует с теплоощущением как субъективным выражением этой реакции (табл. 11).

Сопоставляя теплоощущения с данными зрительной хронаксии, Ф. М. Шлейфман (1952) нашла, что с изменением ощущений от «комфорт» и «тепло» к ощущению «жарко» возбудимость центральной нервной системы понижается, с изменением в сторону «холодно» — повышается.

Таблица 12

Коэффициент корреляции между температурой кожи лба ( $r_1$ ), груди ( $r_2$ ) и температурой воздуха

Испытуемые	$r_1$	$\pm m_{r_1}$	$r_2$	$\pm m_{r_2}$
1	0,96	0,1	0,86	0,4
2	0,95	0,2	0,92	0,2
3	0,99	0,3	0,86	0,4
4	0,80	0,7	0,83	0,6

Е. И. Корневская и др. (1976) считают теплоощущения одним из достаточно надежных критериев для характеристики теплового состояния при оценке микроклимата.

Тепловые ощущения для оценки микроклиматических условий учитывают многие исследователи (Wuop и др., 1972).

Для оценки теплоощущений предложен ряд схем. Мы пользовались в своих исследованиях 5-балльной шкалой: 1 — холодно, 2 — прохладно, 3 — хорошо (комфорт), 4 — тепло, 5 — жарко. Нам представляется, что эта шкала более четко определяет теплоощущения, чем 7-балльная. При этом целесообразны контрольные вопросы: хочется ли теплее, холоднее или так как есть. Это помогает испытуемому точнее определить теплоощущения, а исследователю — контролировать ответ.

**Температура кожи как критерий комфорта.** Температура кожи как объективный показатель состояния комфорта и дискомфорта издавна служила предметом изучения. По этому вопросу существуют различные точки зрения.

Многие авторы выявили связь между теплоощущениями людей и температурой кожи конечностей. Так, ощущение комфорта отмечается, когда температура кожи на ступне не менее  $31,5^\circ\text{C}$ , а на подошве —  $20,7^\circ\text{C}$ . Другие считают, что оптимальной температурой кожи конечностей является  $30^\circ\text{C}$ , при температуре  $35^\circ\text{C}$  возникает ощущение «слишком тепло»,  $25^\circ\text{C}$  — «холодно», а при температуре  $20^\circ\text{C}$  появляется дрожь.

Мы исследовали значение температуры кожи как критерия комфорта, ее связи с теплоощущениями и физиологическими функциями организма и пришли к заключению, что температура конечностей подвержена резким колебаниям, не всегда зависящим от микроклиматических условий, поэтому не может служить критерием комфорта.

Зависимость же температуры кожи груди и лба от температуры воздуха совершенно очевидна (табл. 12).

Таблица 13

## Физиологические показатели организма при разных теплоощущениях

Теплоощущения	Температура кожи лба, °С	Температура кожи груди, °С	Частота сер- дечных сокра- щений, уд/мин	Температу- ра тела, °С	Влажность кожи, %
	М ± m	М ± m	М ± m		
Комфорт	33,5 0,05	33,8 0,05	80 0,6	36,6	20
Тепло	35,0 0,07	34,9 0,07	93 1,1	36,9	75
Жарко	34,9 0,07	34,9 0,09	90 1,1	37,0	90

При исследованиях в производственных условиях коэффициент корреляции значительно ниже: кожи груди = 0,37 при  $m_r \pm 0,65$ , кожи лба = 0,4 при  $m_r \pm 0,07$ .

Bedford (1964) показал, что температура кожи лба в высокой степени коррелирует с субъективным ощущением. В производственных условиях он этой корреляции не обнаружил.

На основании полученных данных мы заключили, что температура кожи может служить показателем комфорта или дискомфорта, но степень дискомфорта она отобразить не может. Поскольку для гигиенического нормирования важно установить комфортные условия микроклимата, определение степени дискомфорта не имеет значения.

При физической работе, обильном потоиспарении температура кожи не всегда соответствует теплоощущениям людей. При динамической работе вследствие перераспределения крови и усиления перспирации температура кожи снижается, коррелятивная связь нарушается (А. А. Шапала, 1967).

Данные литературы о величинах температуры кожи, соответствующих состоянию комфорта, разноречивы. Для решения этого вопроса мы предприняли лабораторные и производственные наблюдения (табл. 13).

Из таблицы следует, что при ощущении «комфорт» температура кожи лба в среднем равна 33,5, груди — 33,8° С. Во всех случаях, когда температура кожи была ниже 32° С, испытуемые характеризовали свои ощущения как прохладно, холодно. При тепловом облучении получено достоверное соответствие теплоощущений и температуры кожи, но величины температуры кожи выше указанных.

Когда тело сохраняет термическое равновесие, температура кожи ниже внутренней температуры на 1° С или более (Leithead, Lind, 1964). Т. А. Багдасарова (1967) нашла, что температура

кожи в условиях комфорта составляет на груди  $33,34 \pm 0,19$ , на лбу —  $30,46 \pm 0,16^\circ \text{C}$ .

**Потоиспарение как критерий комфорта.** Для гигиенической оценки микроклиматических условий исследователи издавна обращались к изучению потоотделения.

Зарубежные исследователи для оценки тепловой нагрузки на организм пользуются индексом  $P_4SR$ , предложенным McArdelle, — величиной 4-часового потоотделения.

Шкала  $P_4SR$  составлена на основе наблюдений за выделением пота у людей в лабораторных условиях при разных климатических воздействиях, энергетических затратах, высокой относительной влажности воздуха. Пользование этим индексом ограничено относительной влажностью воздуха 40% (Г. Х. Шах-базян, 1968).

Для определения тепловой нагрузки Belding (1967) предложил индекс теплового стресса (ИТС) — отношение потоотделения, требуемого для охлаждения тела в данных условиях ( $E_{\text{тр}}$  л/ч), к максимальной интенсивности потовыделения ( $E_{\text{max}}$ ):  $\frac{E_{\text{тр}}}{E_{\text{max}}} 100$ . ИТС, равный 100, соответствует максимуму, который допускается в качестве переносимых в течение 8 ч климатических условий.

Успешное применение этих индексов сомнительно, так как они предложены для определения переносимых, а не комфортных условий.

Мы пользуемся для определения величины потоотделения весовым методом, который признан наиболее точным при определении потери воды организмом.

В горячих цехах, где происходят большие потери массы в результате испарения пота, мы пользовались обычными медицинскими весами. В лабораторных же условиях, когда нас интересовало не только обильное, легко регистрируемое потоотделение, но и неощутимое, и близкие к этому состоянию потери массы, необходимы весы с точностью определения до 1 г.

Полученные данные об изменении массы тела потоиспарением сопоставлялись с теплоощущениями (табл. 14).

Таким образом, потери массы потоиспарением в пределах 0,8—1,2 г/мин регистрировались как комфортное теплоощущение.

Интересно определить величины потери воды в комфортных условиях при выполнении физической работы. Если обратиться к разработанной нами совместно с Н. К. Витте шкале одинакового теплового баланса в зависимости от сочетаний микроклиматических условий и физической работы и сопоставить ее



Таблица 14

## Потоиспарение при различных теплоощущениях

Теплоощущение	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Лучистое тепло, кал/см <sup>2</sup> ·мин	Движение воздуха, м/мин	Потеря воды, г/мин
Холодно	10	70	—	—	0,65
Комфорт	18	70	—	—	0,75
»	20	65	—	—	0,80
»	22	65	—	—	0,95
»	24	60	—	—	1,20
Тепло	28	55	—	—	1,60
Жарко	35	55	—	—	3,20
Комфорт	27	70	—	1,5	1,00
Тепло	32	50	—	1,0	1,70
Комфорт	25	60	—	1,0	0,95
»	19	50	1,0	—	1,10
»	10	70	1,5	—	0,85
Холодно	25	48	—	3,0	0,60
Комфорт	30	50	—	1,0	1,35
Тепло	34	40	—	2,0	2,35

с кривыми потери массы испарением, выведенными Н. К. Витте, то в зоне ненарушенного теплового баланса получаем следующие величины потери массы потоиспарением. При легкой физической работе (теплопродукция до 3,0 кал/мин) она равна 1,8—2,3 г/мин, при средней (теплопродукция до 4,5 кал/мин) — 2,8—3,2 г/мин, при тяжелой (теплопродукция 7,0—9,0 кал/мин) — 3,5—4,0 г/мин.

На основании вышеизложенного мы считаем возможным рекомендовать в качестве критерия гигиенической оценки условий микроклимата при его нормировании следующие величины потерь массы тела потоиспарением (табл. 15).

Таблица 15

## Величины влагопотери при состоянии комфорта

Характер выполняемой работы	Теплопродукция, кал/мин	Потеря массы, г/мин
Легкая	До 1,5	0,8—1,2
»	До 3,0	1,5—2,3
Средней тяжести	До 5,0	2,5—3,2
Тяжелая	До 7,0	3,5—4,0

Гигиеническое нормирование некоторых параметров микроклимата производственных помещений. Санитарные нормы промышленного микроклимата в СССР являются законодательным актом, требующим соблюдения их при проектировании вновь строящихся и реконструируемых зда-

ний и сооружений для промышленности, транспорта, связи, сельского хозяйства, электрических станций, опытно-экспериментальных производств и установок.

Нормы микроклимата производственных помещений по мере развития наших знаний совершенствовались. К разработке их были привлечены многие научно-исследовательские и практические организации.

Проблема гигиенического нормирования микроклимата производственных помещений стала одной из ведущих в гигиене труда.

Санитарные нормы промышленного микроклимата постоянно совершенствуются в связи с техническим прогрессом и экономическим развитием.

*Нормирование температуры неподвижного воздуха.* Нас в первую очередь заинтересовал вопрос о пределах температуры воздуха, которые расцениваются как комфортные для лиц, не выполняющих физической работы. Ранее существовавшие нормы были ограничены довольно узким интервалом колебаний температуры воздуха.

При определении зоны комфорта мы руководствовались следующим соображением: если теплоощущение «комфорт» и «хочется так, как есть», совпадало с температурой кожи лба 32—34°С, пододежного воздуха 30—32°С, частотой сердечных сокращений 76—80 уд/мин, потерей массы тела испарением в пределах 0,6—1,2 г/мин, микроклимат принимался за комфортный. Тепловой баланс при этом не был нарушен, температура тела в пределах нормы.

Таким образом, в условиях практически неподвижного воздуха для лиц, не выполняющих физическую работу, зона комфорта при средней относительной влажности (40—50%) лежит в пределах 16—24°С. Наблюдения, проведенные в производственных условиях, подтвердили это положение.

Исследования Ф. М. Шлейфман (1961—1966), Л. Б. Силовой (1963) показали необходимость нормирования температурных колебаний. С этой целью Ф. М. Шлейфман предложила коэффициент, определяющий величину теплоотдачи тела при смене температурных воздействий. В зависимости от перепадов температуры он равен 0,4—4,0 и более. Наиболее благоприятные условия для выравнивания теплового баланса, нарушенного предшествующим воздействием, отмечаются при коэффициенте 1,2—2,0.

*Нормирование температуры воздуха при физической работе средней тяжести.* В связи с техническим прогрессом, механизацией и автоматизацией многих производственных процессов

тяжелая физическая работа в промышленности все больше уступает место легкой или работе средней тяжести.

Существовавшие ранее санитарные нормы производственного микроклимата включали нормативы для работы средней тяжести. С целью их разработки мы обследовали здоровых людей, выполняющих работу в 2,5—3,5 кал/мин или 150—250 кал/ч.

Зона микроклиматического комфорта при физической работе устанавливается по данным теплоощущений и потоотделения. Потеря массы тела потоотделением при физической работе средней тяжести равна 2,5—3,2 г/мин.

Нами с достоверностью установлено, что комфорт для людей, выполняющих физическую работу средней тяжести, сохраняется при температуре воздуха 15—16°С в неподвижном воздухе, при средней относительной влажности 40—60% в отсутствии теплового облучения.

По данным Т. В. Куксинской (1967), максимальная производительность труда отмечалась при температуре воздуха 16—18°С.

*Комфортные сочетания конвекционного и лучистого тепла.* При одностороннем облучении тела интенсивностью 0,5 кал/см<sup>2</sup>·мин комфортное состояние наблюдается при температуре воздуха 14—16°С. При двустороннем облучении — на 2°С ниже.

При одностороннем облучении (непрерывном) интенсивностью 1,0 кал/см<sup>2</sup>·мин комфортные сочетания получены при температуре воздуха 12—16°С, а при 1,5 кал/см<sup>2</sup>·мин — 10—14°С.

Увеличение интенсивности облучения в неподвижном воздухе свыше 1,5 кал/см<sup>2</sup>·мин вызывало неприятное ощущение ожога. Повышение температуры воздуха до 20°С при любых интенсивностях облучения воспринимается как дискомфорт. Для достижения комфорта необходимо создать движение воздуха.

Ф. М. Шлейфман и др. (1973) показали, что при нормировании допустимых величин теплового облучения следует учитывать не только его среднюю интенсивность, но и длительность однократного воздействия, прерывистость и т. д.

*Нормирование скорости движения воздуха в производственных помещениях.* Научные исследования и практические наблюдения доказали эффективность использования движения воздуха для устранения нагревающего влияния неблагоприятного микроклимата.

В производственных помещениях для борьбы с влиянием лучистого тепла широко распространено воздушное душирование.

Оно значительно улучшает условия производственного микроклимата не только при тепловом облучении, но и влиянии конвекционного тепла.

На необходимость ввести в действующие нормы проектирования производственных помещений величины скорости движения воздуха на рабочих местах указывали еще в 1952 г. С. С. Клюгин и А. Е. Малышева.

В наших исследованиях было показано, что движущийся со скоростью 1 м/с воздух создает комфорт при температурах 25—30° С, при скорости 2 м/с можно достичь комфортных условий при температуре 27—33° С, при скорости 3 м/с — при 29—33° С. Скорости движения воздуха выше 3 м/с нецелесообразно применять с гигиенической целью. Наиболее эффективно охлаждающее действие движущегося воздуха с температурой 25—33° С. Применение обдувания выше 33° не дает гигиенического эффекта. Наоборот, движение воздуха при температуре 40° С повышает температуру кожи до 37° С.

Движущийся воздух с температурой выше температуры кожи не может увеличить теплоотдачу проведением сухой кожи. Однако в первые минуты обдувания, когда кожа покрыта потом, наблюдается субъективно и объективно охлаждающий эффект. В связи с этим возникла мысль об использовании обдувания воздухом высокой температуры кожи, покрытой потом, и прекращении его, когда пот испаряется, то есть применить прерывистое обдувание. У исследуемых быстро появлялось обильное потоотделение при температуре воздуха 40° С. Бесперывное обдувание вело к резкому повышению температуры кожи. Если же обдувание проводилось с перерывом каждые 10 мин, то температура кожи значительно снижалась.

Наблюдения, проведенные в производственных условиях, показывают, что прерывистое обдувание оказывает на рабочих положительное влияние: улучшается самочувствие, уменьшается потеря массы тела к концу смены, снижается частота сердечных сокращений.

Далее исследователи пошли по пути создания условий постоянного испарения с поверхности тела путем искусственного увлажнения одежды работающих. При предварительном смачивании одежды движение воздуха даже при температуре 40° С можно применить с целью улучшения условий терморегуляции организма. Во всех случаях улучшается самочувствие, снижается температура кожи, уменьшается степень нарастания температуры тела, частоты пульса, ослабляется жажда и снижаются потери массы тела в конце смены. Температура кожи спины при обдувании снижалась с 37 до 33—34° С. Аналогично снижалась

Таблица 16

## Комфортные сочетания конвекционного, лучистого тепла и движения воздуха

Движение воздуха, м/с	Зона комфорта в пределах температуры воздействия, °С			
	0,5 кал/(см <sup>2</sup> .мин)	1,0 кал/(см <sup>2</sup> .мин)	2,0 кал/(см <sup>2</sup> .мин)	3,0 кал/(см <sup>2</sup> .мин)
1	25—29	22—26	20—25	17—20
2	26—31	23—29	21—26	20—23
3	27—32	25—30	22,5—27	22—25

температура кожи лба, хотя он не обдувался. Количество выпитой воды и потеря массы в конце рабочего дня у рабочих, подвергающихся обдуванию с предварительным увлажнением, значительно меньше, чем у тех, которые не подвергались обдуванию.

Изложенное позволяет рекомендовать обдувание рабочих со смачиванием одежды для улучшения терморегуляции при высокой температуре воздуха.

*Нормирование сочетания конвекционного, лучистого тепла и движения воздуха.* Увеличение интенсивности облучения в условиях неподвижного воздуха более 1,5 кал/см<sup>2</sup>·мин (900 ккал/м<sup>2</sup>·ч), а также повышение температуры воздуха выше 20° С при любых интенсивностях лучистого тепла воспринимаются как условия дискомфорта.

Поэтому благоприятные условия можно создать с помощью движения воздуха. За комфортное было принято такое сочетание температуры, движения воздуха и лучистого тепла, которое при хорошем теплоощущении не вызывает отклонения физиологических функций от нормы. Числовые выражения этих сочетаний приведены в табл. 16.

Нормирование влажности воздуха в производственных условиях связано с большими трудностями.

В литературе недостаточно освещен вопрос о влиянии на организм высокой влажности воздуха (В. Г. Давыдов, 1956; Wyndham, 1968, и др.). Миног полагает, что изменение влажности воздуха при температурах 30—40° С не ощущается человеком. По мнению других исследователей, влажность воздуха, особенно при высокой температуре его, оказывает существенное влияние на организм (А. Е. Малышева, Е. Ф. Медведева, 1960, 1966, и др.). Мы попытались найти величины относительной влажности воздуха при таких температурах и скоростях движения его, когда не нарушается комфорт. В результате получены следующие данные (табл. 17).

На основании вышеизложенного можно сделать только предварительные выводы о том, что сочетание влажности 75% с обычными температурами и 65% с более высокими вызывает у людей ощущение некоторого дискомфорта. Н. А. Федотова (1969) рекомендовала относительную влажность не выше 65% при 24° С, 60% — при 26° С и не выше 40% при температуре воздуха 28° С.

В действующих в настоящее время санитарных нормах (СН 245—71) оптимальной считается относительная влажность 60—30%, допустимой — не более 75—70%.

Гигиенические нормы микроклимата промышленных предприятий, разработанные на основе научных исследований и практических наблюдений в нашей стране, являются едиными для всех производств и всех климатических зон, с некоторыми незначительными оговорками.

Между тем, гигиенисты Узбекской ССР (Т. Д. Симонович, 1957—1959), Туркменской ССР (Б. Г. Багиров, 1958, 1965, 1973), Грузинской ССР (М. Е. Курашвили, 1954, 1964, 1970; Г. В. Сва-

Таблица 17

Микроклимат и комфорт у лиц, не выполняющих физическую работу

Микроклимат		Теплоощущение	Температура тела, °С	Температура кожи, °С	Частота пульса, уд/мин	Полодежный микроклимат	
температура воздуха, °С	движение воздуха, м/с					относительная влажность, %	относительная влажность, %
22	0	43	36,4	32,0	60	31,0	75
22	0	75	35,4	32,6	66	32,0	85
25	0	40	36,5	33,2	68	34,0	77
25	0	40	33,6	33,2	65	34,0	77
30	1,0	40	36,2	36,6	69	32,0	60
30	1,0	70	36,1	33,4	70	32,6	83
30	2,0	40	36,4	33,4	70	32,2	60
30	2,0	65	36,2	34,2	82	32,0	72

Т а б л и ц а 18

## Нормы микроклимата в горячих цехах в зависимости от нагрузки

Работа	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Интенсивность облучения кал/см <sup>2</sup> -мин
Легкая	15—25	28—74	0,3—2,5}	0—3,75
Средняя	10—15	27—65	0,4—2,6}	
Тяжелая	6—10	23—60	0,5—3,5}	

нашвили, 1964), Армянской ССР (Л. Г. Арутюнян, 1971) рекомендуют различные нормы микроклимата применительно к климатическим условиям, в которых люди пребывают постоянно. С другой стороны, изучение условий труда в различных отраслях промышленности — угольных шахтах (А. А. Шаптала, 1967), черной металлургии (Н. Г. Карнаух, 1964, 1974) и других говорит о необходимости разработки нормативов микроклимата применительно к различным отраслям промышленности. А. А. Шаптала (1967) предлагает номограмму для определения допустимых норм температуры, влажности и скорости движения воздуха в шахтах, включающую три температурных зоны: при относительной влажности выше 60%, не выше 75% и до 100%.

М. Е. Курашвили (1970) предлагает для горячих цехов предприятий черной металлургии Закавказья следующие нормы микроклимата (табл. 18).

Наконец, очень важно нормирование микроклимата при сочетании его с другими производственными вредностями. И. В. Савицкий (1970) показал необходимость дифференцированного подхода к нормированию при комбинированном действии высокой температуры воздуха и некоторых токсических веществ. К. И. Станкевич и др. (1974) нашли, что выделение токсических веществ из полимерных материалов в разных климатических зонах пропорционально температуре воздуха. Р. Д. Габович и др. (1975) показали, что устойчивость организма к действию меркаптофоса понижается при перегревании.

Необходимы дальнейшие исследования с целью регламентации дифференцированных норм промышленного микроклимата для различных климатических зон, отраслей народного хозяйства, с учетом комбинированного действия его с другими факторами производственной среды.

**Принципы санитарного нормирования микроклимата производственных помещений в СССР и за рубежом.** Научная разработка проблемы производственного микроклимата позволила

принять законодательные решения по оптимальным (комфортным) и допустимым нормам его в производственных помещениях.

Еще в 1920 г. Народный комиссариат труда издал «Общие обязательные постановления об устройстве и содержании промышленных зданий», в которых регламентировались для рабочих помещений температура воздуха 12—18° С и относительная влажность 50—70%.

В настоящее время действуют нормы промышленного микроклимата, включенные в «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий» (СН 245—71 ГОСТ 12.1005—76), которые носят законодательный характер. Практическая санитарная служба контролирует их неукоснительное выполнение.

Санитарные нормы микроклимата в зарубежных странах являются, как правило, не обязательными, обычно рекомендательными (А. Е. Малышева, А. Я. Дюжева, 1973).

В большинстве зарубежных стран микроклимат производственных помещений нормируется в направлении установления переносимых величин теплового воздействия, выражается теми или иными индексами (температура мокрого шарового термометра — в США, температура сухого шарового термометра — в Японии, эффективные температуры — во Франции и т. д.). Нормы не дифференцируются по отдельным факторам микроклимата, изредка даются в величинах температуры воздуха. За критерий комфорта принимают величины комплексной оценки физических свойств микроклимата: скорректированную эффективную температуру (КЭТ), температуру мокрого черного шара (ТМЧШ), индекс теплового стресса (ИТР), уравнение теплового баланса или величину ректальной температуры, частоту пульса, потерю массы тела потоиспарением ( $P_4SR$ ) и другие показатели.

Об установлении комфортных сочетаний температуры, влажности, движения воздуха и облучения в зарубежной литературе сведений нет. Исследуются только физиологические пределы при работе в горячих цехах (Wyndham и др., 1965), причем авторы полагают нереальным ожидать, что в промышленности можно создать для рабочих комфортные метеорологические условия. В качестве предельных температур воздуха, насыщенного парами, при трате энергии 100 ккал/ч они принимают температуру 32,2° С, по мокрому термометру; при 150 ккал/ч — 31,6° С; при 240 ккал/ч — 28,9° С. Bedford, Treuge (1955) предлагают прекратить работу при температуре выше 26,7° С; Adam и др. (1955) верхним пределом считают условия, определяющиеся по  $P_4SR$  — 3 кг или КЭТ = 30° С. Lind (1970) считает,



что при работе интенсивностью 300 ккал/ч верхним пределом по КЭТ является температура 27,4° С, при 180 ккал/ч — 30,3° С, а при работе 420 ккал/ч — 26,6° С. По данным ректальной температуры Nielson (1962) верхней границей по КЭТ предлагает считать: при работе интенсивностью 100 ккал/ч — 30,2° С, при 300 ккал/ч — 27,4° С, при 420 ккал/ч — 26,9° С.

Brüner и др. (1960) приводят данные разных авторов о предельных величинах ЭТ для лиц, работающих полный рабочий день, и верхней границе безопасности для рабочих подземных работ при сниженном рабочем дне и нагрузке.

Эти величины для первой группы колеблются в пределах от 28 (Brüner, 1960) до 34,0—35° С (Эйхна и др., 1967), а для второй группы от 30 (Rein, 1967) до 32° С (Brüner).

Авторы, устанавливающие предел выносливости, не обращают внимания на то, что частота сердечных сокращений при этом достигает 140 уд/мин, а ректальная температура — 38—39° С (Landel, 1947; Brüner, 1959).

Комитет экспертов ВОЗ (1969) рекомендовал как предел величину ректальной температуры 38° С и при тщательном контроле за рабочими — 39° С.

По шкале так называемой исправленной эффективной температуры (ИЭТ), которая позволяет в единых величинах оценить различные климатические факторы, Lind (1963) дает пределы тепловой нагрузки при сидячей и легкой работе — 30° С, для умеренной работы 28° С и для тяжелой — 26,5° С.

Нормы микроклимата, предложенные Американской ассоциацией промышленных гигиенистов (1971), допускают температуру воздуха в зависимости от тяжести выполняемой работы в пределах от 25,0 до 32,2° С. При этом предполагается, что работа может быть эффективной без повышения температуры тела выше 38° С. В Испании нормы микроклимата составлены с учетом тяжести работы при максимальной температуре 31,7—34,4° С, различной скорости движения воздуха и относительной влажности его. В Японии предложены допустимые пределы температуры воздуха в зависимости от выполняемой работы в пределах от 30 до 34° С. Более приемлемы предложенные во Франции Институтом гигиены труда комфортные величины температуры воздуха в пределах 15—21° С.

В социалистических странах нормы промышленного микроклимата более прогрессивны. В частности, нормы температуры, влажности и скорости движения воздуха в НРБ обязательны при проектировании и строительстве промышленных предприятий. Они, также как и советские нормы, предусматривают опти-

мальные и допустимые величины для работ легких, средней тяжести и тяжелых.

Существуют также нормы температуры и скорости движения воздуха для воздушного душирования при инфракрасной радиации интенсивностью выше 300 ккал/см<sup>2</sup>·ч. Даны нормы для температуры, влажности, скорости движения воздуха; средней температуры окружающих поверхностей с учетом категории выполняемой работы: легкой, средней тяжести и тяжелой.

В ГДР стандарт микроклимата обязателен для всех производственных помещений. Оптимальными микроклиматическими условиями считаются те, которые воспринимаются, как «приятно тепло», «нейтрально», или «приятно прохладно», а допустимыми — хотя и не обеспечивающие комфортность человека, но не вызывающие нарушения здоровья.

Микроклимат нормируется в зависимости от времени года, категорий выполняемой работы, разности температур между отдельными поверхностями, по вертикали и горизонтали внутри помещения (не выше 2° С). Примерно те же факторы и категории работ нормируются в ПНР, СФРЮ и рекомендованы для стран — членов СЭВ постоянной его комиссией по строительству. Нормативные величины в социалистических странах примерно соответствуют нормам, действующим в СССР.

## **ОСНОВНЫЕ ПУТИ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА И ПРОФИЛАКТИКА ЕГО НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ**

В настоящее время в арсенале промышленной теплозащиты имеются технические средства для практического применения в производственных условиях, которые можно классифицировать следующим образом (А. Ф. Бабалов, 1971).

I. По локализации тепловыделений: экраны различных типов в виде преград на пути теплового потока от оборудования и агрегатов в среду цеха; завесы разного вида, предназначенные для ограждения открытых источников; обдув стен воздушным и водо-воздушным потоком; индивидуальные защитные средства (маски, очки, рукавицы и т. п.).

II. По снижению воздействия тепла на организм: души воздушные и водо-воздушные с предварительной обработкой воздуха; кондиционеры для закрытых микрообъемов; высокодисперсное распыление воды для снижения температуры воздуха на рабочем месте.