

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДИАТРИЧЕСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАФЕДРА ОБЩЕЙ ГИГИЕНЫ**

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ ВОЗДУХА И МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ**

**Учебно-методическое пособие  
для студентов**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ – 2018**

Рецензенты:

*Кузнецов С.М.*, к.м.н., доцент, начальник кафедры общей и военной гигиены, с курсом военно-морской и радиационной гигиены ФГБВОУ ВО "ВМедА им. С.М.Кирова" МО России;

*Лытаев С.А.*, д.м.н., профессор, зав. кафедрой нормальной физиологии ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России.

Утверждено научно-методическим советом ФГБОУ ВО СПбГПМУ  
Минздрава России в качестве учебно-методического пособия.

Львов С.Н. Гигиена воздушной среды, теплообмен: учеб. пособие / С.Н. Львов, И.В. Васильева, Д.А. Земляной, Е.В. Щерба. – СПб: Издательство ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России. – 2018. – 70с.

В учебно-методическом пособии представлены теоретические сведения по темам "Гигиеническая характеристика физических свойств воздуха" и "Гигиеническая характеристика методов комплексной оценки микроклимата", представлен порядок выполнения лабораторных исследований с указаниями для формулирования гигиенического заключения. Пособие составлено с учетом утвержденной нормативной документации (ГОСТы, СанПиНы, инструкции), действующей в период его подготовки.

Пособие предназначено для обучающихся по специальности "Медико-профилактическое дело – 32.05.01".

Авторский коллектив:

Львов Сергей Николаевич, заведующий кафедрой общей гигиены ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России;

Васильева Ирина Валентиновна, доцент кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России;

Земляной Дмитрий Алексеевич, доцент кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России;

Щерба Елена Викторовна, доцент кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России.

## ОГЛАВЛЕНИЕ:

<b>ТЕМА 1. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА</b> .....	<b>4</b>
1. Температура .....	8
2. Атмосферное давление .....	11
3. Влажность .....	20
4. Скорость движения воздуха .....	25
5. Электрическое состояние воздушной среды .....	32
Работа на занятии: .....	35
<b>ТЕМА 2. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ МИКРОКЛИМАТА</b> .....	<b>38</b>
1. Методы физической оценки факторов внешней среды .....	39
2. Индексы, отражающие отношение между метеорологическими факторами и физиологическими реакциями человека .....	42
3. Комплексная оценка теплового состояния среды по уравнению теплового баланса .....	47
4. Отопление .....	49
Работа на занятии .....	51
<i>Приложение 1. Психрометрическая таблица для определения относительной влажности воздуха по показаниям психрометра Августа</i> .....	<i>53</i>
<i>Приложение 2. Психрометрическая таблица для определения относительной влажности воздуха по показаниям аспирационного психрометра Ассмана</i> .....	<i>54</i>
<i>Приложение 3. Максимальная упругость водяных паров при разных температурах</i> .....	<i>55</i>
<i>Приложение 4. Скорость движения воздуха меньше 1 м/с с учетом поправок на температуру</i> .....	<i>56</i>
<i>Приложение 5. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха в жилых, общественных и административно-бытовых помещениях</i> .....	<i>57</i>
<i>Приложение 6. Нормы микроклимата в детских и лечебных организациях</i> .....	<i>58</i>
<i>Приложение 7. Номограмма для определения средней радиационной температуры</i> .....	<i>59</i>
<i>Приложение 8. Нормальная шкала эквивалентно-эффективных температур</i> .....	<i>60</i>
<i>Приложение 9. Номограмма для определения эквивалентно-эффективных температур</i> .....	<i>61</i>
<i>Приложение 10. Номограмма для определения результирующей температуры (для легкой работы)</i> .....	<i>62</i>
<i>Приложение 11. Номограмма для определения результирующей температуры (для тяжелой работы)</i> .....	<i>63</i>
<i>Приложение 12. Оптимальные величины РТ при различной деятельности человека</i> .....	<i>64</i>
<i>Приложение 13. Метеоскоп (инструкция для работы)</i> .....	<i>65</i>
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>71</b>

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИКРОКЛИМАТА

**Микроклимат** представляет собой комплекс физических факторов в ограниченном пространстве, оказывающих влияние на теплообмен человека с окружающей средой, его тепловое состояние, самочувствие, работоспособность и здоровье.

**Показателями микроклимата** являются атмосферное давление, температура, относительная влажность и скорость движения воздуха, тепловое излучение от внутренних поверхностей помещения (стены, потолок, пол, техническое оборудование), температура ограждающих поверхностей.

Микроклимат определяет климатические условия на ограниченной территории: в пределах одного и того же населенного пункта, в помещениях.

### ***Влияние микроклимата на организм***

Гигиеническое значение микроклимата заключается, в основном, в его действии на тепловое равновесие организма. Одним из важнейших условий жизнедеятельности организма является сохранение постоянства температуры тела.

При благоприятном сочетании параметров микроклимата человек испытывает состояние **теплового комфорта**, что является важным условием высокой производительности труда и предупреждения заболеваний.

При отклонении параметров микроклимата от оптимальных в организме человека для поддержания постоянства температуры тела начинают происходить процессы, направленные на регулирование тепловыделения и теплоотдачи. Эта способность человеческого организма называется **терморегуляцией**.

При температуре воздуха в пределах 15–25 °С теплопродукция организма человека находится на приблизительно постоянном уровне (**зона безразличия**). По мере понижения температуры воздуха теплопродукция повышается за счет усиления обмена веществ и увеличения мышечной активности (например, дрожь). По мере повышения температуры воздуха усиливаются процессы **теплоотдачи**.

**Отдача избыточной теплоты** во внешнюю среду происходит следующими способами: около 90% отдается через кожу, остальные 10–15% расходуются на нагревание пищи, питья, вдыхаемого воздуха, на испарение с поверхности слизистых.

### ***Пути отдачи тепла*** через кожу:

✓ **излучение** - обмен энергией с окружающими нагретыми телами (инфракрасная радиация). Потеря тепла **излучением** зависит от разницы между температурой кожи тела человека и радиационной температурой (температурой окружающих человека поверхностей). Температура,

влажность и скорость движения воздуха на потерю тепла излучением не влияют. Посредством излучения происходит самая массивная теплоотдача – около 45% всей энергии

✓ проведение - в результате непосредственного контакта с предметами (кондукция) и прилегающим слоем воздуха (конвекция), уходит до 30% тепла.

✓ испарение (пота или других жидкостей). Путем испарения человек теряет 25% тепла. Переход в пар 1 г воды отнимает 0,58 ккал. Следует заметить, что испарение – самый «утомительный» механизм теплоотдачи. В полной мере включается последним.

Изменение параметров воздуха и характера выполняемой работы существенно влияет на соотношение этих способов теплоотдачи. Так, при температуре воздуха более 38 °С отдача теплоты происходит уже полностью за счет испарения влаги с поверхности кожи.

Эти механизмы теплоотдачи называются *физическими*. Используя их, организм может в значительной степени предотвратить перегрев. Существуют также *химические* механизмы теплообмена - изменение обмена веществ при действии высоких или низких температур, в результате которых идет снижение или увеличение выработки тепла.

Количество тепла, образующееся в организме, кроме ответа на внешние влияния, зависит от характера деятельности человека. Физические нагрузки вызывают активизацию обменных процессов, сопровождающихся массивным теплообразованием, и требуют условий для более активной теплоотдачи – более низкой температуры воздуха.

Нормальная жизнедеятельность и высокая работоспособность человека сохраняются в том случае, если тепловое равновесие, т.е. соответствие между продукцией тепла и его отдачей в окружающую среду, достигается без напряжения терморегуляции.

Высокая температура воздуха в сочетании с повышенной влажностью и малой скоростью воздуха, особенно в условиях высокой интенсивности трудового процесса, резко затрудняет отдачу тепла путем проведения и испарения, в результате чего возможно перегревание организма. При низкой температуре, высокой влажности и скорости воздуха наблюдается противоположная картина – переохлаждение, т.к. увеличивается отдача тепла путем проведения (вода имеет большую по сравнению с воздухом теплопроводность и теплоемкость). Увеличение скорости движения воздуха, как правило, способствует теплоотдаче за счет проведения и испарения, за исключением случаев, когда воздух насыщен водяными парами и имеет температуру выше температуры тела. При высокой или низкой температуре окружающих предметов, стен снижается или увеличивается отдача тепла путем излучения. Возрастание влажности, т.е. насыщенности воздуха помещения водяными парами, приводит к снижению отдачи тепла испарением.

По степени его влияния на тепловой баланс человека микроклимат подразделяется на комфортный и дискомфортный.

При **комфортном микроклимате** физиологические механизмы терморегуляции не напряжены, хорошее теплоощущение, оптимальное функциональное состояние центральной нервной системы, высокая физическая и умственная работоспособность, организм человека устойчив к воздействию негативных факторов среды.

**Дискомфортный микроклимат** может быть *нагревающим и охлаждающим*. При дискомфортном микроклимате имеет место напряжение процессов терморегуляции, плохое теплоощущение, ухудшение условнорефлекторной деятельности и функции анализаторов, понижается работоспособность и качество труда, падает устойчивость организма к действию вредных факторов. Дискомфортный микроклимат может привести к возникновению острой или хронической тепловой патологии.

### **Нормирование микроклимата помещений**

Основными принципами гигиенического нормирования параметров микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий являются:

1. гигиеническое нормирование дифференцированных величин оптимальных и допустимых параметров микроклимата;
2. дифференцированное нормирование параметров микроклимата в отношении возрастных групп населения;
3. учет при гигиеническом нормировании уровня энерготрат (активности), сезона года, климатической зоны.

Под **оптимальными микроклиматическими условиями** понимают такие сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизма терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для хорошей работоспособности.

**Допустимые** микроклиматические условия – сочетание параметров микроклимата, которые могут обусловить преходящие и быстро нормализующиеся изменения в организме человека, не выходящие за пределы физиологических приспособительных колебаний. При этом могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности человека, но не нарушается его здоровье.

Оптимальные и допустимые величины температуры, влажности и скорости движения воздуха представлены в приложении 5.

Нормирование микроклиматических условий в производственных помещениях осуществляется с учетом категории в соответствии с энерготратами организма (табл. 1):

Таблица 1

Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах  
производственных помещений

(«Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.  
Санитарные правила и нормы». СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
<b>Холодный</b> (среднесуточная температура наружного воздуха, равная +8 °С и ниже)	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
<b>Теплый</b> (среднесуточная температура наружного воздуха выше +8° С)	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

При легкой работе принята несколько более высокая температура воздуха и меньшая скорость его движения, чем при более тяжелом труде. Таким образом, с учетом комплексного воздействия микроклиматических факторов устанавливаются наиболее благоприятные сочетания их для жизнедеятельности человека и его работоспособности.

В тех случаях, когда особенности технологии производства, технические трудности и большие экономические затраты не позволяют обеспечить оптимальные величины параметров микроклимата, устанавливаются допустимые значения на рабочих местах. Это означает, что при таких условиях тепловое состояние людей сохранится на допустимом уровне в течение 8-часовой рабочей смены.

## ТЕМА 1. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА

**Цель занятия.** Ознакомиться с влиянием на организм человека физических свойств воздуха, методами их определения и принципами нормирования отдельных факторов.

**Практические навыки.** Уметь определять основные параметры микроклимата, а также давать гигиеническую оценку совокупности факторов микроклимата и разрабатывать рекомендации по его оздоровлению.

**Контрольные вопросы:**

1. Физические свойства воздушной среды (температура, барометрическое давление, влажность, скорость движения воздуха и электрическое состояние атмосферы), методы их измерения и оценки, влияние на организм.
2. Тепловой и радиационный обмен организма со средой. Механизмы терморегуляции человека. Особенности терморегуляции детей, больных, работающего человека.
3. Микроклимат и его гигиеническое значение, виды микроклимата.
4. Влияние дискомфортного микроклимата на теплообмен и здоровье человека.
5. Нормирование параметров микроклимата помещений различного назначения.

**Материал к теме:**

Для характеристики свойств атмосферы используются следующие физические величины:

1. температура воздуха,
2. атмосферное давление,
3. влажность воздуха,
4. скорость движения воздуха,
5. атмосферное электричество (иначе – электромагнитная радиация, включающая напряженность электромагнитного поля, изменение солнечной активности, ионизация воздуха).

Охарактеризуем действие каждого из перечисленных факторов на организм человека.

***1. Температура***

Температура воздуха является основным фактором окружающей среды, от которого в значительной мере зависят остальные факторы среды.

Физиологическими колебаниями температуры в течение суток являются перепады не более 3-4 °С в сутки, скачки на 7-8 °С и более считаются интенсивными изменениями.

Для измерения температуры используются следующие шкалы: Цельсия (°С), Фаренгейта (°F), Реомюра (°R), Кельвина (K).

**Приборы, используемые для измерения температуры, по принципу действия делятся на:**

1) *жидкостные* (ртутные, спиртовые), в которых мерой изменения температуры является изменение объема определенного количества термометрической жидкости (ртути, спирта, толуола);

2) *газовые* (в т.ч. водородный), в которых температуру измеряют давлением определенного объема химически чистого газа;

3) *деформационные*, состоящие из упругих пластинок, деформирующихся под действием температуры;

4) *электрические*, основанные на изменении под действием температуры либо электродвижущей силы в термоспаях (термоэлементы), либо электрического сопротивления проводников (термометры сопротивления, термисторы).

**По своему назначению** термометры разделяются на измеряющие, рассчитанные на определение температуры в момент наблюдения (описанные выше), и фиксирующие, позволяющие получить максимальное и минимальное значение температуры за определенный период контроля (сутки, неделя, месяц и т.д.).

К фиксирующим относят *максимальный* и *минимальный* термометры.

Максимальный термометр служит для определения максимальной температуры за определенный период времени (рис. 1).

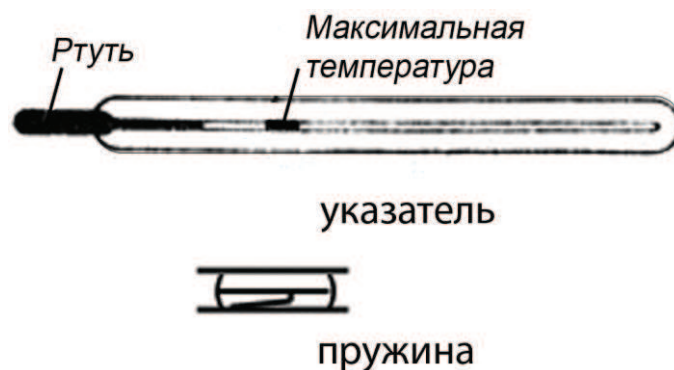


Рис. 1. Схема максимального термометра

Он представляет собой прибор, в котором столбик ртути в капилляре поддерживается на таком уровне, на котором он был при наивысшей температуре воздуха, наблюдавшейся за определенный период. Небольшое сужение в капилляре не позволяет столбику ртути опускаться, когда начинается понижение температуры. При повышении температуры воздуха ртуть свободно проходит через это сужение. При понижении же температуры воздуха ртуть сжимается. Столбик ее в узком месте разрывается, и отчет по шкале термометра остается таким, каким он был в момент наивысшей температуры.

Минимальный термометр фиксирует минимальную температуру за исследуемый период (рис. 2).



Рис. 2. Схема минимального термометра

Он может быть спиртовым и ртутным. Более распространен спиртовой минимальный термометр. Внутри капиллярной трубки, в спирту, небольшой подвижный штифт из темного стекла, имеющий на концах утолщение. Перед наблюдением поднимают нижний конец термометра несколько кверху, поэтому штифт под влиянием собственной тяжести падает вниз до мениска спирта. Затем термометр устанавливают в рабочее для специальных термометров положение - горизонтально. При повышении температуры спирт, расширяясь, свободно проходит мимо штифта, не сдвигая его с места; сила трения головок штифта о стенки капилляра вполне достаточна, чтобы удержать его на месте. Иная картина наблюдается при понижении температуры, когда столбик спирта уменьшается и поверхностная пленка увлекает за собой штифт вниз, к резервуару, и устанавливает его в положении, соответствующем минимуму наблюдавшейся температуры. В последнем случае сила трения головок штифта о стенки капилляра будет меньше силы сопротивления поверхности пленки, чем и обуславливается передвижение штифта к резервуару. Отчет температуры производят по концу штифта, наиболее удаленному от резервуара.

### **Методика оценки температурного режима.**

Для определения температурного режима помещения измеряют температуру воздуха в центре обслуживаемой зоны и на расстоянии 0,5 м от внутренней поверхности наружных стен и стационарных отопительных приборов.

В соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ 30494-2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях») измерения проводятся:

в детских дошкольных учреждениях – на уровне 0,1; 0,4 и 1,7 м от поверхности пола;

при пребывании людей в помещении преимущественно в сидячем положении – на уровне 0,1; 0,6 и 1,7 м от поверхности пола;

в помещениях, где люди преимущественно стоят или ходят – на уровне 0,1; 1,1 и 1,7 м от поверхности пола.

Разница температур по вертикали и горизонтали не должна превышать 2-3 °С на каждый метр.

## Гигиеническое значение температуры воздуха.

Действие температуры на организм человека основано на изменении соотношения параметров в системе терморегуляции.

Длительное воздействие высокой температуры приводит к нарушению водно-солевого и витаминного обмена, особенно характерных при выполнении физической работы. Усиленное потоотделение ведет к потере жидкости, солей и водорастворимых витаминов. Высокая температура оказывает неблагоприятное влияние на ЦНС, проявляющееся в ослаблении внимания, замедлении двигательных реакций, ухудшении координации движений. Наиболее частым осложнением длительного воздействия высокой температуры является перегревание (или тепловая гипертермия). Признаками легкой формы перегревания являются: повышение температуры тела до 38-39 °С, гиперемия лица, обильное потоотделение, слабость, головная боль, головокружение, искажение цветового восприятия предметов (окраска в красный, зеленый цвета), тошнота, рвота. Тяжелая форма перегревания протекает в форме теплового удара со следующими симптомами: подъем температуры до 41 °С, падение артериального давления, потеря сознания, нарушение состава крови, судороги. Дыхание становится частым (до 50-60 в минуту) и поверхностным.

При оказании первой помощи необходимо принять меры к охлаждению организма (прохладный душ, ванна и др.).

Под воздействием низких температур снижается температура кожи, особенно открытых участков тела.

При этом отмечают ухудшение тактильной чувствительности и понижение сократительной способности мышечных волокон. При значительном охлаждении изменяется функциональное состояние ЦНС, что обуславливает ослабление болевой чувствительности, адинамию, сонливость, снижение работоспособности. Понижение температуры отдельных участков тела приводит к болевым ощущениям, сигнализирующим об опасности переохлаждения.

Местное и общее охлаждение организма является причиной простудных заболеваний: ангина, ОРВИ, пневмоний, невритов, радикулитов, миозитов и др.

## 2. Атмосферное давление

Атмосферное давление – это давление, оказываемое атмосферным столбом с сечением 1 см<sup>2</sup> на поверхность Земли.

Для измерения атмосферного давления существует несколько единиц измерения: миллиметры ртутного столба (мм рт. ст.); миллибары (мб), паскалы (Па) или гектопаскалы (гПа).

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 1.333224 \text{ гПа}$$

Средняя величина атмосферного давления на уровне моря при температуре 0°C – 760±20 мм рт. ст. (или 1013±26,5 гПа).

Погружение в воду на 10 метров приводит к увеличению давления на 1 атмосферу, при подъеме над уровнем моря на каждые 10,5 м происходит уменьшение атмосферного давления на 1 мм рт. ст. (рис. 3):

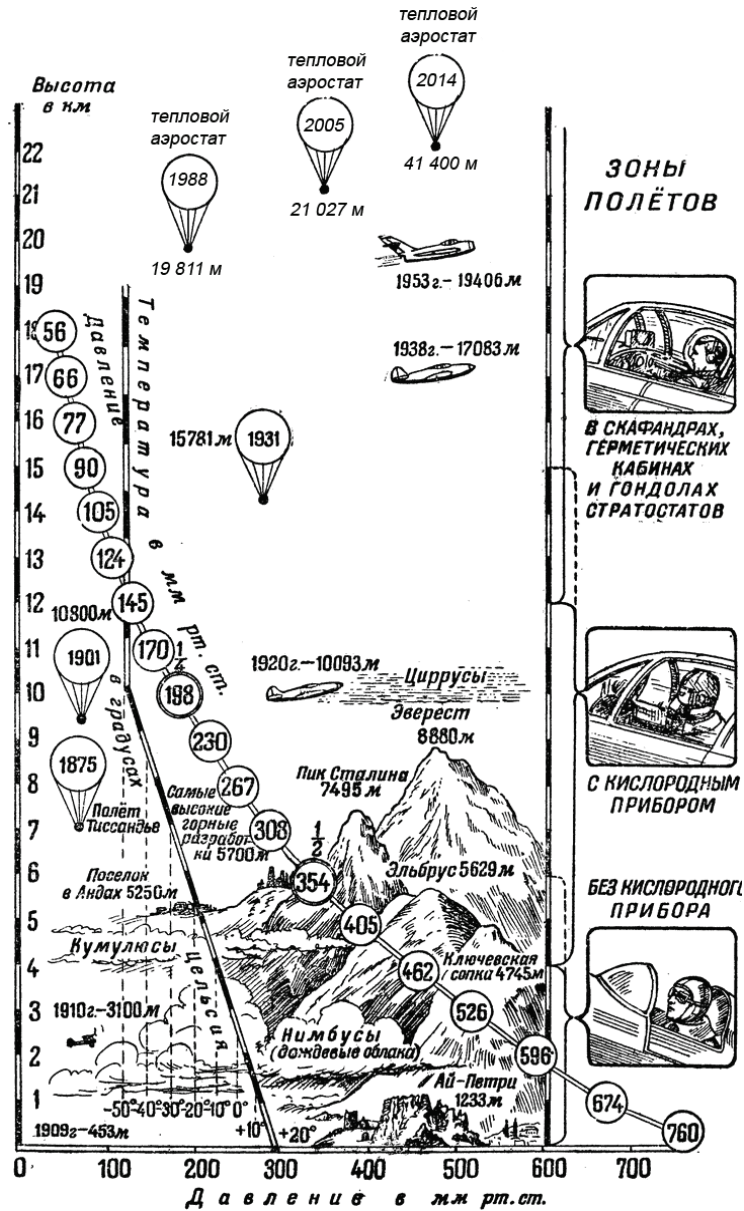


Рис. 3. Изменения атмосферного давления в зависимости от высоты над уровнем моря

Суточные перепады давления, не превышающие 10-12 мм рт. ст., относятся к физиологическим перепадам, более 13 мм рт. ст. считается интенсивным колебанием.

Категории людей, наиболее чувствительных к колебаниям атмосферного давления:

1. с заболеваниями ССС;

2. с патологией опорно-двигательной системы;
3. с психическими заболеваниями;
4. перенесшие крупные полостные операции и ампутации;
5. дети младшего возраста.

### **Приборы для измерения атмосферного давления:**

**Барометры** – приборы для измерения давления атмосферного воздуха.

*Барометр ртутный* показывает атмосферное давление как высоту ртутного столба, которую можно измерить по прикрепленной рядом шкале. В барометрической трубке нет воздуха, и пространство в ее верхней части называется торричеллиевой пустотой.

*Барометр-анероид («безводный»)*: в нём нет жидкости, он показывает атмосферное давление, действующее на гофрированную тонкостенную металлическую коробку, в которой создано разрежение (рис. 4). При понижении атмосферного давления коробка слегка расширяется, а при повышении – сжимается и воздействует на прикрепленную к ней пружину и стрелку.



Рис. 4. Барометр-анероид

**Барограф** – прибор для непрерывной регистрации значений атмосферного давления (рис. 5). Барограф работает по принципу анероида, стрелка которого оставляет след на движущейся ленте.



Рис. 5. Барограф

### **Атмосферное давление в жизни человека и наземных животных**

Жизнь на Земле возникла в ходе химических реакций, давших сначала соединения углерода, а позднее и более сложные органические молекулы, с постепенным образованием из них систем. Появление растений, способных к фотосинтезу, привело к выделению в атмосферу кислорода. Результатом расселения по планете множества растений, способных выделять кислород, стало увеличение концентрации кислорода и рост парциального его давления в смеси газов на поверхности Земли. Хронологически выделяют периоды, когда выделение кислорода было массивным и стремительным (в историческом смысле, конечно). Первый из них произошел около 600 миллионов лет назад, второй – около 400 миллионов лет назад. Появившись в результате фотосинтеза в клетках растений, кислород стал условием для возникновения и развития различных видов животных организмов. Благодаря биохимическим реакциям, протекавшим в присутствии кислорода, клетки получили возможность создавать и накапливать энергию для осуществления различных функций, а также производить тепловую энергию.

Чтобы кислород достиг внутренних структур клеток, он должен попасть в организм из атмосферы и с помощью кислородтранспортных систем быть перенесенным ко всем клеткам организма. Совершенно очевидно, что благополучие метаболических процессов в клетках зависит от оптимального содержания и парциального давления кислорода в атмосфере, адекватного переноса кислорода кровью; достаточного градиента давления газа для проникновения через мембрану клетки.

На поверхности Земли, независимо от географического местоположения объекта, концентрация кислорода в воздухе примерно одинакова в силу диффузии газов, составляя около 20,91%. Однако парциальное его давление  $p_{O_{2атм}}$  (т. е. то давление, которое создает именно

кислород в составе газовой смеси, которую называют воздухом) различно: на уровне моря  $p_{O_{2\text{атм}}}$  выше, чем в горных местностях; еще ниже оно в верхних слоях атмосферы (табл. 1). Парциальное давление определяется концентрацией кислорода в воздухе и величиной атмосферного давления:

$$p_{O_2(\text{атм})} = C \cdot p_{\text{атм}}$$

где  $C$  – концентрация кислорода в воздухе (%),  $p_{\text{атм}}$  – атмосферное давление (мм рт. ст.).

Парциальное давление кислорода в атмосферном воздухе, рассчитанное по приведенной формуле для местностей, расположенных на уровне моря, составляет около 159 мм рт. ст.

Воздух попадает в систему внешнего дыхания млекопитающих по воздухопроводящим путям, достигая альвеол легких – структур, через которые газы воздуха проникают в жидкость (кровь), способную связывать молекулы кислорода, переносить к отдаленным органам и тканям, и отдавать кислород клеткам.

В альвеолах легких в силу особенностей газообмена концентрация кислорода существенно меньше, чем в атмосферном воздухе, составляет от 14 до 16%. Это связано с постоянной диффузией газа из пространства альвеол через альвеоло-капиллярную мембрану в кровь. Давление воздушной смеси в альвеолах ниже, чем в атмосферном воздухе. Это связано с тем, что внутри альвеол есть небольшое количество жидкости с температурой около 37–38<sup>0</sup>С. При такой температуре происходит испарение жидкости, создающее в альвеолах давление водяных паров, вектор которых направлен обратно вектору атмосферного давления, а величина составляет 47 мм рт. ст. Сумма разнонаправленных давлений меньше атмосферного на 47 мм рт. ст.:

$$p_{\text{альв}} = p_{\text{атм}} - p_{H_2O},$$

$$p_{O_2(\text{альв})} = C_{\text{альв}} \cdot (p_{\text{атм}} - p_{H_2O})$$

Поэтому парциальное давление кислорода в альвеолах составляет около 114 мм рт.ст.; парциальное давление азота и иных газов также определяется концентрацией их в воздухе и давлением газовой смеси.

Благодаря такому парциальному давлению кислород проникает через мембрану альвеол, интерстициальные пространства, окружающие альвеолярные мешочки, и через мембрану капилляров, оплетающих каждую альвеолу. Кислород и азот растворяются в плазме крови, создавая в ней определенное давление, которое с физической точки зрения

представляет собой силу, с которой газ стремится выделиться из жидкости на поверхности раздела воздушной и жидкой сред, и называемую напряжением газа в жидкости. Для кислорода в крови эта сила равна 80-100 мм рт. ст.

В организме по мере продвижения кислорода с током крови от границы раздела сред воздух/жидкость до клеточной мембраны происходит ступенчатое снижение его напряжения, и на мембране клетки градиент давления составляет всего 1 мм рт. ст.

Роль кислорода в жизни клетки состоит в том, что из субстратов в присутствии кислорода произойдет образование сложных молекул аденозинтрифосфата (АТФ). Эти молекулы при отщеплении фосфорного остатка дают выброс химической энергии, который клетка может использовать для синтеза иных молекул, например, белков, липидов. АТФ – это хранимая в митохондриях энергия, которую можно также использовать для процессов сокращения мышечных волокон, для работы ферментов, транспортирующих ионы против градиента их концентраций через мембраны клеток. Благодаря кислороду выработка энергии АТФ в клетках позволяет организму выполнять множество функций – сокращения, секреции, деления, дифференцировки, и др. Понятно, что недостаточность поступления кислорода в клетку либо нарушение процессов его внутриклеточной утилизации (например, при инактивации цитохромов ядами и токсинами) приводят к уменьшению или прекращению выработки энергии во всех клетках организма. Поэтому такие состояния называются гипоксией, проявляющейся системным дефицитом энергии (гипоэргозом).

Графически ступенчатое снижение напряжения кислорода  $pO_2$  в организме на различных участках массопереноса кислорода к клетке принято изображать в виде кислородного каскада (рис. 6):

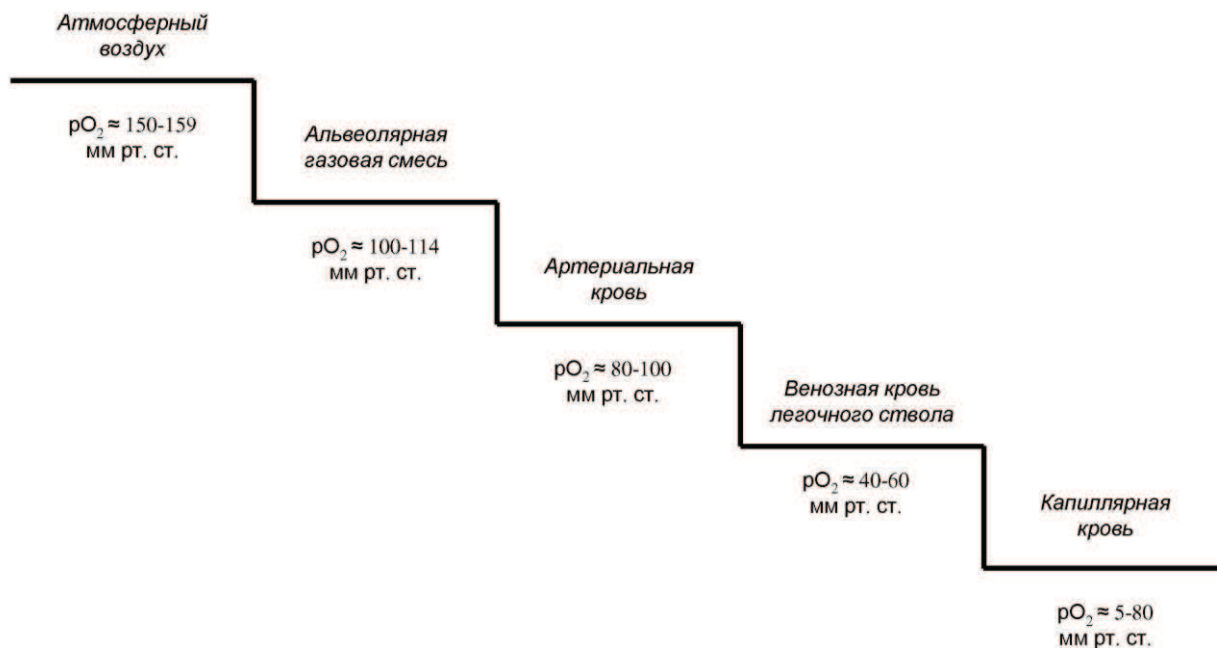


Рис. 6. Кислородный каскад организма

Таким образом, благополучие жизнедеятельности клеток и всего организма зависит от следующих факторов:

- оптимального для клеток-потребителей давления кислорода, которое обеспечивается определенным pO<sub>2</sub> на входе в организм, зависимым от атмосферного давления, концентрации кислорода и температуры среды обитания;

- оптимального pO<sub>2</sub>, зависящего от нормального функционирования внешнего дыхания (вентиляции, диффузии и перфузии газов через альвеолярно-капиллярные мембраны); адекватности деятельности системы гемодинамики; достаточного количества в транспортирующей кислород жидкости молекул-переносчиков (гемоглобин) и его качества;

- оптимального процесса биологического окисления в митохондриях.

Такое явление окружающего мира, как температура воздуха, вносит свой вклад в кислородное снабжение организма. В географических областях, где есть водные пространства большой площади (болота, озера, пресноводные реки, водохранилища) в жаркую летнюю погоду начинаются массивные испарения воды с этих поверхностей. Подобно тому, как вследствие испарения жидкости при температуре 37–38 °С в альвеолах снижается парциальное давление кислорода, в атмосфере акваторий на уровне моря за счет возрастания давления водяных паров происходит уменьшение парциального давления кислорода. Поэтому в периоды летнего подъема температуры выше 25–27 °С в Санкт-Петербурге и его областях снижается парциальное давление кислорода в воздухе. К

его колебаниям не чувствительны молодые и здоровые люди, однако и у них при тяжелой физической работе (требующей увеличения кислородного обеспечения тканей) в таких условиях могут возникать ощущения дискомфорта.

Неблагополучие диффузионных процессов в легких, возникшее в результате воспалительных заболеваний, системных патологических процессов, профессиональных поражений паренхимы легких (пневмокониозы, асбестозы) в жаркий летний период с высокой влажностью также проявляется ухудшением самочувствия, снижением работоспособности таких пациентов.

Пациенты с сердечной недостаточностью, лица, страдающие анемиями различного происхождения, страдают от гипоксии в жаркие летние месяцы. Механизм неадекватного кислородного снабжения тканей у людей с заболеваниями сердца и нарушениями содержания эритроцитов и/или гемоглобина состоит в уменьшении скорости доставки кислорода к клеткам (при сердечной недостаточности), уменьшении кислородной емкости крови (при анемиях, гемоглобинопатиях).

Сочетание высокой влажности воздуха и его высокой температуры в русской парной бане создает высокий риск возникновения гипоксии у пациентов с заболеваниями сердца, легких и крови. Финская сауна, воздух которой не насыщен водяными парами, по вышеупомянутым причинам переносится легче. Давно известен факт, что в континентальных районах обитания с низкой влажностью воздуха жители-резиденты переносят высокие температуры без ухудшения самочувствия и работоспособности.

Многовековое существование наземных животных и человека в среде с изменяющимися в определенных пределах параметрами содержания кислорода, атмосферного давления и температуры привело к формированию динамических (функциональных организаций различных анатомических систем (гемодинамики, внешнего дыхания, крови) для приспособления к колебаниям факторов внешней среды.

### **Гигиеническое значение барометрического давления**

Непосредственной причиной изменений, возникающих при подъеме и пребывании на высоте (развитие горной, или высотной, болезни), является падение парциального давления кислорода ( $pO_2$ ) во вдыхаемом воздухе (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость насыщения гемоглобина кислородом от высоты  
(по Ван Лиру)

Высота, км	Барометрическое давление,	Напряжение $O_2$ в альвеолярном	Насыщение артериальной
---------------	------------------------------	------------------------------------	---------------------------

	мм рт. ст.	воздухе, мм рт. ст.	крови O <sub>2</sub> , %
0	748	100,3	98
3,6	483	47,0	85
4,9	412	40,1	80
5,5	379	37,4	77
6,1	349	34,6	76
6,7	321	30,2	64

Уменьшение содержания O<sub>2</sub> в крови (гипоксемия) приводит к последующей гипоксии – кислородному голоданию тканей. К гипоксии особенно чувствительны нервные клетки и хеморецепторы сосудов – каротидного клубочка и дуги аорты. Раздражение этих рецепторов гипоксической кровью стимулирует дыхательный центр, сосудодвигательный и другие вегетативные центры. Возникают одышка, некоторое повышение артериального давления, относительный эритроцитоз, возбуждение корковых клеток (эйфория и пр.). Однако гипервентиляция легких способствует выведению из организма CO<sub>2</sub> – гипокапнии и возникновению газового алкалоза. Гипокапния и алкалоз являются факторами, снижающими возбудимость дыхательного центра, дыхание урежается, может появиться периодическое дыхание типа Чейна-Стокса и Биота. Угнетаются функции и других центров продолговатого мозга и высших отделов мозга - эйфория и возбуждение заменяются угнетением, быстрой утомляемостью, нарушением ассоциативных связей и пр. Прогрессирующие гипокапния и алкалоз завершаются параличом дыхательного центра.

При значительной степени гипобарии (на высоте более 9000 м, барометрическое давление 225 мм рт. ст.) возможна газовая эмболия пузырьками газа (преимущественно азота), выходящими из тканей в результате понижения растворимости газов при понижении давления. Пузырьки газа проникают в капилляры и разносятся с кровью по организму, вызывая эмболию сосудов. Особенно опасна эмболия коронарных и мозговых сосудов. На высоте 19 000 м и выше (барометрическое давление 47 мм рт. ст.) образование пузырьков газа столь интенсивно, что они не успевают уноситься кровью и накапливаются в тканях, возникает тканевая и подкожная эмфизема.

Действию *повышенного барометрического давления* (гипербарии) подвергается определенная категория лиц при выполнении водолазных и кессонных работ, в практике подводного флота и в специальных барокамерах.

Повреждающее действие гипербарии проявляется прежде всего при переходе из нормального к повышенному давлению - компрессии. При быстрой компрессии может возникнуть вдавление барабанной перепонки,

что при непроходимости евстахиевой трубы становится причиной сильных болей в ушах, возможны даже разрывы барабанной перепонки. Гипербария вызывает сжатие кишечных газов. В результате сдавления кожных и других периферических сосудов увеличивается кровенаполнение внутренних органов.

Наиболее важным последствием гипербарии является повышение растворимости газов в крови и тканях. Растворимость азота зависит от свойств тканей: жировая ткань, белое вещество мозга, желтый костный мозг растворяют в 5 раз больше азота, чем кровь. Растворенный в нервной ткани азот вызывает вначале наркотический, затем токсический эффект - появляются головные боли, головокружение, галлюцинации, нарушения координации движений. Во избежание подобных осложнений в водолазной практике в газовых смесях азот заменяют инертным газом гелием. Растворимость гелия в нервной ткани значительно меньше, и он не оказывает какого-либо эффекта на живые ткани. Возможностью увеличивать растворенную фракцию кислорода в крови пользуются в клинической практике с терапевтической целью при необходимости повышения кислородной емкости крови.

При резком падении атмосферного давления возникают явления декомпрессии, аналогично описанным выше при значительной степени гипобарии. Возникновение таких ситуаций возможно при слишком быстром подъеме водолазов с больших глубин, при разгерметизировании кабин или скафандров при выполнении высотных полетов.

### *3. Влажность*

Величина, характеризующая накопление водяных паров в атмосферном воздухе.

**Основные показатели влажности воздуха:**

**максимальная влажность** – максимальное количество водяных паров, содержащееся в воздухе при данной температуре;

**абсолютная влажность** – количество водяных паров в единице объема;

**относительная влажность** – отношение абсолютной влажности к максимальной влажности, выраженное в процентах;

**дефицит насыщения** – разница между максимальной и абсолютной влажностью;

**точка росы** – состояние, когда максимальная влажность равна абсолютной; т.е. температура, до которой необходимо охладить влажный воздух при постоянном давлении, чтобы он стал насыщенным, при этом относительная влажность достигает 100%. При дальнейшем охлаждении воздуха начинается конденсация части водяного пара, содержащегося во влажном воздухе (образование росы).

**физиологическая относительная влажность** – отношение абсолютной влажности к максимальной влажности при температуре тела ( $37^{\circ}\text{C}$ ) выраженное в процентах;

**физиологический дефицит влажности** – разность между максимальной и абсолютной влажностью при температуре  $37^{\circ}\text{C}$ .

Оптимальным значением относительной влажности считается диапазон от 40 % до 60 %.

#### **Приборы для измерения влажности:**

Для измерения относительной влажности воздуха применяют *гигрометры, психрометры и гигрографы*.

Для непосредственного определения относительной влажности воздуха применяют приборы, называемые **гигрометрами**.

Существуют различные типы гигрометров, наиболее распространенные из них волосяные, основанные на свойстве обезжиренного человеческого волоса изменять свою длину при изменении влажности воздуха, что позволяет измерить относительную влажность в диапазоне 30–100 % (рис. 7).



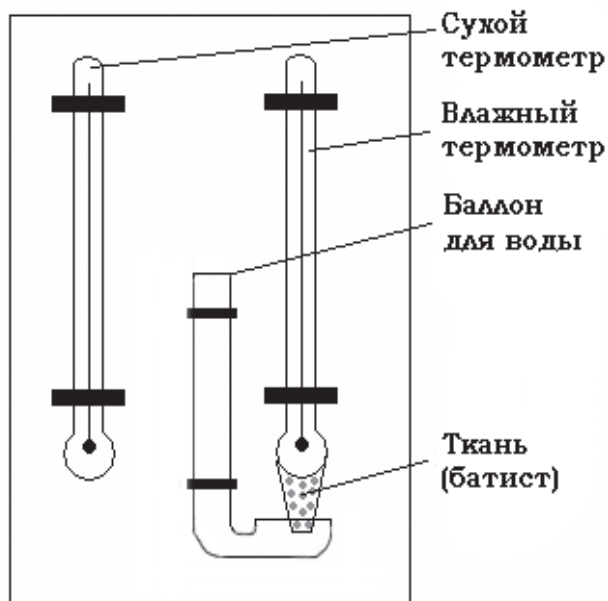
В качестве детали, чувствительной к изменению влажности, служит обезжиренный человеческий волос [1]. Он закреплен в верхней части прибора [2], обернут вокруг ролика [3] и натянут при помощи специально подобранного груза [4]. К ролику прикреплена стрелка [5]. При увеличении относительной влажности воздуха волос удлиняется и вызывает вращение ролика вместе со стрелкой. Передвигаясь по шкале, она и указывает значение влажности воздуха, выраженное в процентах.

Рис. 7. Схема волосяного гигрометра

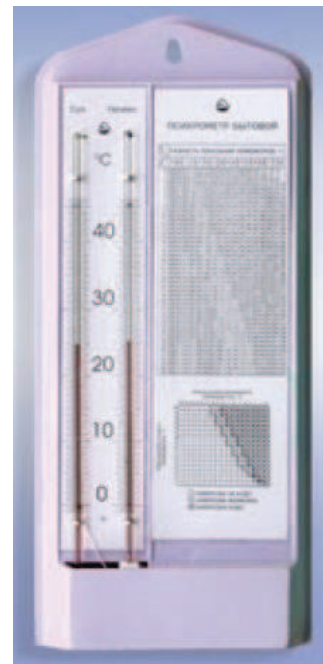
**Психрометры** – приборы для измерения влажности воздуха и его температуры.

Существуют несколько типов: стационарные, аспирационные, дистанционные.

**Стационарный психрометр Августа** (рис. 8) предназначен для измерения относительной влажности воздуха в стационарных условиях.



а) схема устройства



б) внешний вид

Рис. 8. Стационарный психрометр Августа

Психрометр Августа имеет два термометра: сухой и влажный. Сухой термометр показывает обычную температуру. Второй называется влажным потому, что конец обернут тонкой материей (батист, марля) и смочен водой. Вода, пропитывающая ткань, испаряясь с различной скоростью в зависимости от влажности и скорости движения воздуха, отнимает тепло у влажного термометра и охлаждает его. В результате "влажный" термометр показывает более низкую температуру, чем "сухой". Чем суше воздух, тем энергичнее происходит испарение, тем больше будет разница между показаниями "сухого" и "влажного" термометров.

Определение абсолютной влажности воздуха при использовании психрометра Августа проводят по формуле Реньо:

$$A = M_{\text{вл}} - K(t_{\text{сух}} - t_{\text{вл}}) \cdot H,$$

где:

A - абсолютная влажность;

$M_{\text{вл}}$  - максимальное напряжение водяных паров при температуре влажного термометра (прил.3);

K – коэффициент, который для комнатного воздуха принимается равным 0,0011, а для открытой атмосферы равен 0,00074;

$t_{\text{сух}}$  - температура сухого термометра;

$t_{\text{вл}}$  - температура влажного термометра;

H - барометрическое давление.

Относительная влажность воздуха рассчитывается по формуле:

$$a = \frac{A}{M} \cdot 100\%$$

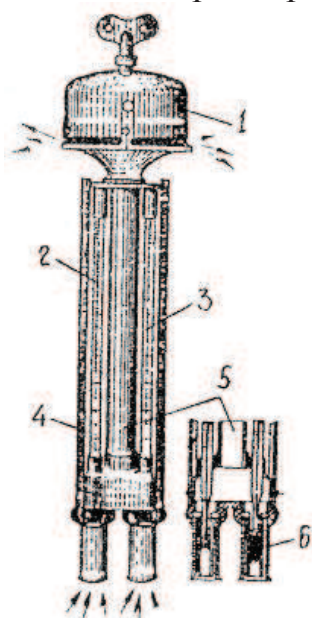
$a$  - относительная влажность воздуха, %;

$A$  - абсолютная влажность воздуха, г/м<sup>3</sup>;

$M_{\text{сух.}}$  - максимальное напряжение водяных паров при температуре сухого термометра, г/м<sup>3</sup>.

Кроме того, относительную влажность можно определить по разности между "сухим" и "влажным" термометрами и показанию "влажного" термометра с помощью психрометрической таблицы (прил. 1).

Более совершенным прибором для определения относительной влажности является **аспирационный психрометр Ассмана**. Принцип действия этого психрометра (рис. 9) аналогичен психрометру Августа.



а) схема устройства



б) внешний вид

Рис. 9. Аспирационный психрометр Ассмана

Термометры (2) и (3) находятся в специальной латунной оправе (4) с вентилятором (1), протягивающим воздух около резервуаров термометров. Ткань (6) смочена водой и одета на чувствительную часть термометра (баллон с ртутью). Прибор работает следующим образом: вращением вентилятора в прибор засасывается воздух, который, обтекая резервуары термометров, проходит по воздухопроводной трубке (5) к вентилятору и выбрасывается им наружу через прорези (стрелками отмечен вектор движения воздуха.) Благодаря протеканию вокруг резервуаров термометров потока воздуха с постоянной скоростью около 2,5 м/с "сухой" термометр показывает температуру этого потока, а показания "влажного" термометра будут меньше, так как он охлаждается вследствие испарения воды с поверхности ткани. И чем суше воздух, тем сильнее испарение воды, и тем больше разница в показаниях термометров.

Прибор дает более точные показания, так как его корпус заключен в металлический футляр, предохраняющий резервуары термометров от воздействия теплового излучения. Кроме того, механическое

аспирационное устройство – вентилятор – обеспечивает постоянную скорость движения воздуха около термометров, что позволяет проводить измерения при постоянных условиях.

Перед определением влажности воздуха батист на резервуаре влажного термометра смачивают водой. Затем подключают вентилятор к электрической сети или заводят ключом. Отсчет показаний проводят через 4-5 мин после включения прибора, т.е. в момент, когда температура влажного термометра станет минимальной.

Влажность измеряют в центре помещения на высоте 1,1 м от пола.

Определение абсолютной влажности воздуха при использовании психрометра Ассмана проводят по формуле Шпрунга:

$$A = M_{\text{вл}} - 0,5(t_{\text{сух}} - t_{\text{вл}}) \cdot H : 755$$

где:

A - абсолютная влажность;

$M_{\text{вл}}$  - максимальное напряжение водяных паров при температуре влажного термометра (прил.);

0,5 – психометрический коэффициент;

$t_{\text{сух}}$  - температура сухого термометра;

$t_{\text{вл}}$  - температура влажного термометра;

H - барометрическое давление в момент исследования;

755 - среднее барометрическое давление.

Перевод найденной абсолютной влажности в относительную производят по указанной выше формуле.

Величину относительной влажности воздуха можно определить и по специальным таблицам, используя для этого показания двух термометров (прил. 2).

**Гигрографы** – приборы для непрерывной регистрации относительной влажности воздуха (рис. 10). Чувствительным элементом гигрографа служит пучок обезжиренных человеческих волос или органическая пленка, изменяющие свою длину в зависимости от влажности и перемещающие посредством системы рычагов специальное пишущее перо. Запись происходит на разграфленной ленте, надетой на барабан, вращаемый часовым механизмом. В результате движения барабана в горизонтальном направлении, а пера - в вертикальном, на ленте вычерчивается непрерывная кривая (гидрограмма).

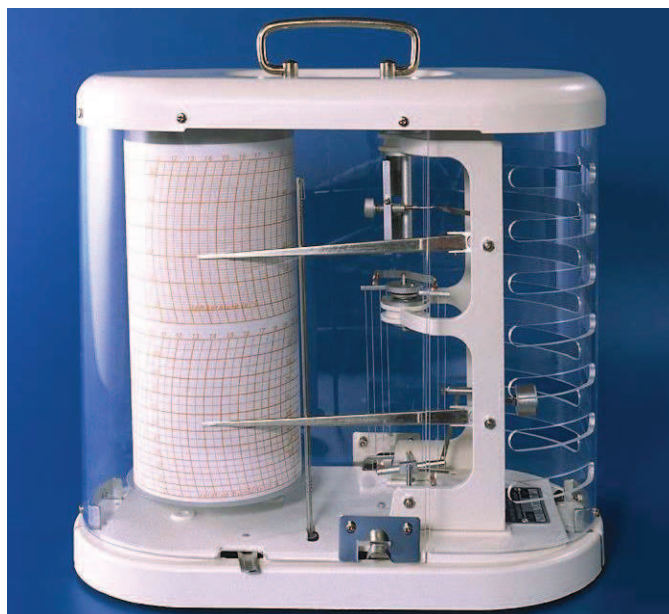


Рис. 10. Гигрограф

В зависимости от продолжительности оборота барабана гигрографы бывают суточные и недельные.

#### **Гигиеническое значение влажности**

Большое влияние на теплообмен организма с окружающей средой оказывает влажность воздуха. При сочетании высокой температуры воздуха и высокой относительной влажности (более 90%) испарение пота практически исключено, пот выделяется, но не испаряется, поверхность кожи не охлаждается, наступает перегревание организма. При низких температурах сухой воздух уменьшает теплопотери вследствие плохой теплопроводности.

Неблагоприятное влияние сухого воздуха проявляется только при крайних степенях его сухости. Чрезмерно сухой воздух (при низкой относительной влажности – менее 20%) иссушает слизистую оболочку носа, глотки и рта. На слизистых оболочках образуются трещины, которые легко инфицируются, что способствует развитию воспалительных явлений. Действие на организм сухого воздуха усугубляется при его большой подвижности. Горячий ветер не только вызывает перегревание, но и ухудшает самочувствие человека, снижает работоспособность.

#### **4. Скорость движения воздуха**

Подвижность воздушных масс характеризуется двумя показателями: скоростью движения и направлением.

Слабым считается ветер со скоростью движения до 0,5 м/с; умеренным до 10 м/с; сильный от 10 до 20 м/с; ураганным (шквальным) более 20 м/с. Физиологичным считается уровень до 10 м/с.

### Приборы для измерения подвижности воздуха:

Для определения больших скоростей (выше 0,5 м/с) применяют **анемометры**, а малых скоростей (до 0,5 м/с) – **кататермометры** и **термоанемометры**.

Принцип работы анемометров основан на передаче вращения лопастей, укрепленных на оси, счетному механизму, фиксирующему число оборотов. Различают анемометры крыльчатые и чашечные.

*Крыльчатый анемометр* предназначен для измерения скоростей движения воздуха в диапазоне от 0,5 до 15 м/с. Этот прибор широко используется для определения подвижности воздуха в производственных условиях, а также для оценки эффективности вентиляционных устройств.

*Чашечным анемометром* измеряются скорости движения воздуха в пределах от 1 до 50 м/с. Его чаще всего используют в метеорологической практике.

Современные анемометры представлены на рисунке 11:



Анемометр чашечный PCE A420

Анемометр крыльчатый Testo 417

Рис. 11. Чашечный и крыльчатый анемометры

Для измерения малых скоростей воздуха в помещении (ниже 0,5 м/с) используются **шаровой** и **цилиндрический (Хилла)** кататермометры.

**Кататермометр цилиндрический (Хилла)** (рис. 12) состоит из стеклянного спиртового термометра, имеющий цилиндрический резервуар.



Рис. 12. Кататермометр цилиндрический

Шкала термометра разделена на градусы от 35 до 38°. Верхний конец капилляра заканчивается расширением для избытка спирта, вгоняемого при нагревании. На стержне каждого прибора имеется отметка, обозначенная буквой "F" – так называемый фактор прибора.

***Фактор прибора (F) показывает число милликалорий, теряемых одним квадратным сантиметром поверхности резервуара кататермометра при его охлаждении с 38 °С до 35 °С.***

При измерении кататермометром, резервуар его опускают для нагревания в горячую воду, нагретую в пределах 60-70 °С (и не выше 80 °С) и держат в вертикальном положении до тех пор, пока спирт не заполнит верхнюю камеру на половину ее объема. При чрезмерно быстром нагревании спирт слишком быстро поднимается вверх, и термометр не успеет достаточно прогреться, что вызовет ошибку в вычислении скорости охлаждения. Во избежание этого не следует брать слишком горячую воду, а кроме того нужно сперва нагреть кататермометр, дать ему немного

охладиться, а уже потом нагревать для самого измерения. После того, как прибор нагрет и спирт заполнил половину верхнего резервуара, кататермометр вынимают из воды, быстро вытирают досуха резервуар и неподвижно закрепляют в месте наблюдения. Свободно подвешивать прибор нельзя, так как его качание усиливает охлаждение. Когда вследствие охлаждения спирт начнет опускаться, измеряют по секундомеру время, в течение которого спирт опустится от 38°С до 35°С. Измерение желательно повторить 2-3 раза.

Для получения величины охлаждения необходимо величину фактора прибора разделить на число секунд, в течение которых произошло охлаждение от 38 до 35°. В результате получается **величина охлаждения (Н)**, выраженная в милликалориях в одну секунду с площади одного квадратного сантиметра поверхности резервуара кататермометра.

Основное назначение кататермометра – установление величины охлаждения его окружающей атмосферой, т. е. определение охлаждающей силы воздуха. Для этого необходимо знать время охлаждения (t) в секундах и фактор кататермометра (F) (данное значение нанесено на нём).

**Величина охлаждения кататермометра (Н)** вычисляется по формуле:

$$H = F : t ,$$

где F – фактор кататермометра, t – время падения значения термометра с 38 до 35 градусов.

**Скорость движения воздуха** можно найти двумя способами:

1) *по формуле*

$$V = \left( \frac{H : \Theta - 0.2}{0.4} \right)^2 ,$$

где V – скорость движения воздуха в м/сек; H – величина охлаждения кататермометра в мкал/см<sup>2</sup>·сек.;  $\Theta$  – разность между средней температурой тела (36.5 °С) и температурой окружающего воздуха; 0,2; 0,4 – эмпирические коэффициенты;

2) *по таблице* "Скорость движения воздуха по результатам кататермометрии H :  $\Theta$ " (прил. 4).

**Кататермометр шаровой** (рис. 13) состоит из стеклянного спиртового термометра, имеющий шаровидный резервуар:

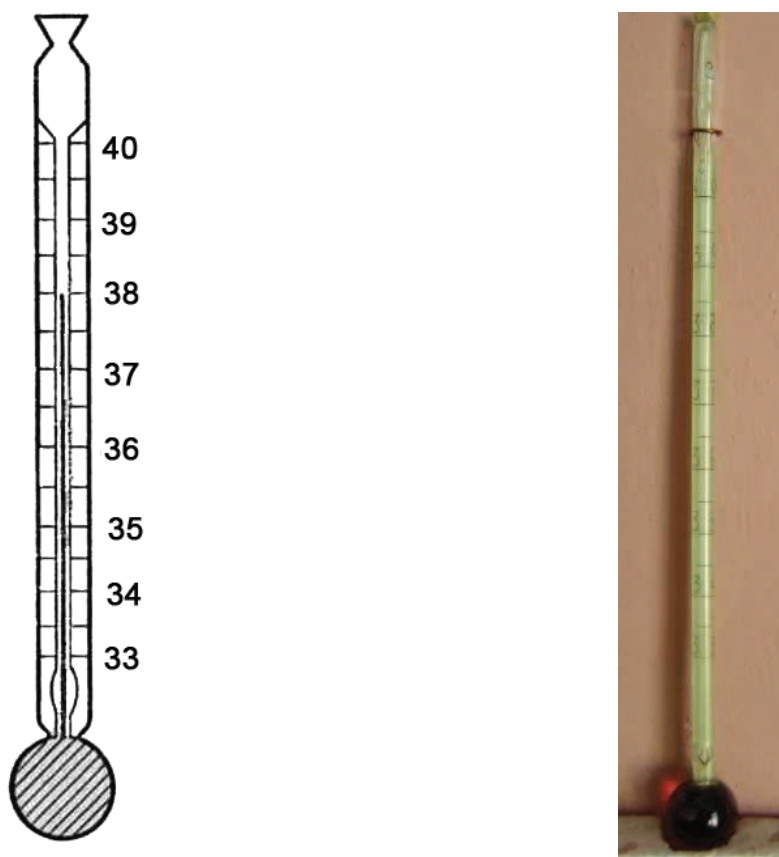


Рис. 13. Кататермометр шаровой

Шаровой кататермометр в отличие от цилиндрического имеет температурную шкалу от 33 до 40°C. Измерение по нему производится так же, как и по цилиндрическому, с тем лишь различием, что наблюдение за охлаждением прибора проводят в диапазоне 40–33, 39–34, 38–35°C, т.е. при условии когда среднеарифметическое значение высшей ( $T_1$ ) и низшей ( $T_2$ ) температуры должно составлять 36,5°C.

При использовании шарового кататермометра с интервалом 38–35°C величину охлаждения вычисляют по формуле, приведенной для цилиндрического кататермометра.

При использовании интервалов 40–33 °C и 39–34 °C величину охлаждения вычисляют по формуле:

$$H = \frac{F_{(T_1 - T_2)}}{t} ,$$

где  $F$  – фактор кататермометра,  $t$  – время, за которое прибор охладился от температуры  $T_1$  до  $T_2$  (°C).

### Гигиеническое значение движения воздуха

Скорость движения воздуха оказывает большое влияние на тепловой обмен организма, на процесс дыхания, энергетические траты и состояние нервно-психической сферы.

Влияние движения воздуха на тепловой обмен выражается в увеличении теплопотерь прежде всего за счет конвекции, так как движущийся воздух относит от тела более нагретые, прилегающие слои воздуха, а на их место приходят более холодные слои окружающего воздуха; ветер усиливает также отдачу тепла путем испарения. При высокой температуре воздуха его умеренная подвижность способствует охлаждению кожи. Мороз в тихую погоду переносится легче, чем при сильном ветре, который может вызвать обморожения.

Кроме того, движущийся воздух, воздействуя на рецепторы, рефлекторно влияет на нервно-психическое состояние человека (легкий ветерок успокаивает, умеренный ветер бодрит, при сильном ветре наблюдается неблагоприятное действие скорости движения воздуха на организм: развитие утомления, истощение нервной системы, затруднение дыхания, нарушение функции кожных покровов).

В жилых помещениях принято считать оптимальной скорость движения воздуха 0,1-0,2 м/с. Движение воздуха оказывает влияние на проветривание помещений. неподвижный воздух не оказывает освежающего действия, а большая подвижность воздуха в помещениях вызывает неприятное ощущение сквозняка и другие негативные явления.

### Определение направления движения воздуха

Направление движения воздуха определяется точкой горизонта, *откуда* дует ветер, и обозначается румбами. Для обозначения румбов приняты начальные буквы наименований сторон света (С – север, Ю – юг, В – восток, З – запад).

Кроме основных румбов, введены промежуточные, находящиеся между ними. Частота (повторяемость) направлений ветра, изображенная графически по румбам, носит название *розы ветров* (рис. 14). При графическом изображении ее от центра по каждому румбу откладывают отрезки в определенном масштабе, соответствующие частоте повторяемости ветров за период наблюдения. Затем концы отрезков по румбам соединяют прямыми линиями.

Штиль (отсутствие ветра) обозначают из центра графика окружностью, радиус которой соответствует частоте штиля. Учитывая розу ветров, можно правильно разместить жилые, детские и другие учреждения по отношению к источникам загрязнения воздуха (промышленные предприятия и др.).

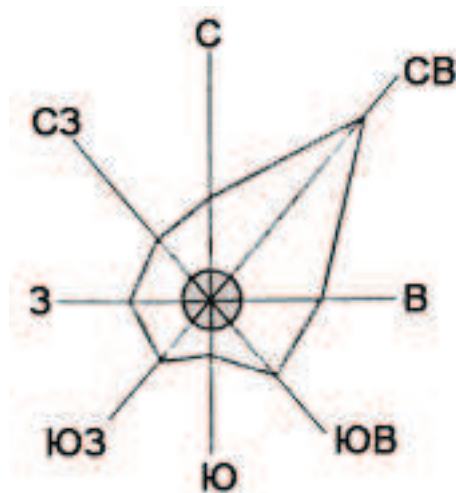


Рис. 14. Роза ветров

На рис. 14 роза ветров указывает на преимущественное направление ветров с северо-востока в течение года, поэтому жилые дома, аптеки, больницы и т.д. следует размещать в северо-восточном направлении, а промышленные предприятия и другие источники загрязнения – в юго-западном.

### Измеритель параметров микроклимата "Метеоскоп"

В настоящее время в России и за рубежом выпускаются приборы для одновременного измерения всех микроклиматических параметров, за исключением температуры ограждающих поверхностей. Пример такого прибора приведен на рис. 15.



Рис. 15. Измеритель параметров микроклимата "Метеоскоп" в комплекте с шаровым термометром

Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп» проводит измерения по 4 каналам: температура (Т) –  $-10 - +50^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность (RH) – 3-98%, скорость воздушного потока (v) – 0,1-20 м/сек, атмосферное давление (P) – 600-800 мм рт.ст. При подключении сферы Вернона – ТНС-индекс (индекс тепловой нагрузки среды) –  $10-50^{\circ}\text{C}$ , интенсивность теплового облучения –  $10-1000 \text{ Вт/м}^2$ .

### **5. Электрическое состояние воздушной среды**

Характеризуется ионизацией воздуха, электрическим и магнитным полем земной атмосферы.

*Ионизация воздуха.* Основной постоянно действующей причиной ионизации приземных слоев воздуха являются космические лучи и излучения радиоактивных веществ.

На улице образование ионов происходит практически постоянно; в чистой сельской местности концентрация ионов обычно колеблется между 700 и 1000 ионов/см<sup>3</sup>. В загрязненных регионах и, особенно, в помещениях концентрация ионов крайне низка – 40 - 100 ионов/см<sup>3</sup>.

Ионизация воздуха заключается в расщеплении газовых молекул на электроны и положительно заряженные остатки. Свободный электрон присоединяется к одному из нейтральных атомов или молекул.

Таким образом, появляется пара противоположно заряженных первичных легких атмосферных ионов.

Ионы воздуха бывают *положительными* и *отрицательными*.

Легкие ионы:  $n^+$ ,  $n^-$

Тяжелые ионы:  $N^+$ ,  $N^-$

Оседая на механических частицах, взвешенных в воздухе, легкие ионы превращаются в тяжелые.

### **Влияние аэроионов на здоровье человека**

Аэроионный состав воздуха обладает мощным влиянием на организм. Тяжелые ионы вредны для здоровья человека, а легкие, особенно отрицательные, обладают положительным эффектом.

При дыхании часть *отрицательных ионов кислорода* оседает на стенках верхних дыхательных путей, трахеи, бронхов и бронхиол. Но 80% из них достигает альвеол, где совершается газообмен. Заряжая отрицательно стенки воздухоносных путей, ионы отталкиваются от них и легче достигают альвеолярных мешочков. Одновременно они раздражают рецепторы дыхательных путей и благотворно влияют на тонус центральной нервной системы, в частности на дыхательный центр, что

проявляется углублением и урежением дыхания, а также усилением газообмена в легких.

Положительные аэроионы вызывают противоположный эффект. Подобное противоположное действие отрицательных и положительных аэроионов прослеживается во многих физиологических процессах.

Отрицательная аэроионизация вызывает увеличение содержания в крови продуктов белкового распада и, соответственно, стимулирует мочеотделение. Под влиянием отрицательной ионизации у здоровых лиц отмечается повышение количества сахара в крови, у больных диабетом, напротив, – его отчетливое снижение. Отрицательные аэроионы способствуют предупреждению авитаминоза В, С и Д, что объясняется их стимулирующим действием на образование витаминов и накопление их в крови и тканях.

В душных непроветриваемых помещениях имеет место избыток положительных и недостаток отрицательных аэроионов. Такой воздух способствует падению защитных сил организма развитию дискомфортных состояний: усталости, потере аппетита, головной боли, бессонницы, слабости, головокружению, ослаблению памяти и др. В дождливую туманную погоду, особенно осенью, когда число отрицательных аэроионов в воздухе понижается до минимального предела, чаще возникают инфекционные заболевания, обостряются хронические заболевания.

Установлено, что при длительном пребывании людей в герметичной камере с дезионизированным воздухом у испытуемых ухудшалось самочувствие.

Недостаток или избыток аэроионов может возникнуть во многих помещениях:

- герметично замкнутых с искусственной средой обитания;
- в отделке и (или) мебелировке которых используются синтетические материалы или покрытия, способные накапливать электростатический заряд;
- где эксплуатируется оборудование, способное создавать электростатические поля, включая видеодисплейные терминалы и прочие виды оргтехники;
- в оснащенных системами (включая централизованные) принудительной вентиляции, очистки и (или) кондиционирования воздуха;
- где эксплуатируются аэроионизаторы и деионизаторы;
- где осуществляются технологические процессы, предусматривающие плавку или сварку металлов.

То есть, судя по вышеприведенному списку, изменения аэроионного состава могут быть практически во всех помещениях – жилых, общественных, образовательных для детей и подростков, производственных.

Для предотвращения неблагоприятного влияния на здоровье человека недостатка или избытка аэроионов разработаны гигиенические нормативы (нормируемые показатели) и санитарные правила и нормы. Нормируемыми показателями аэроионного состава воздуха производственных и общественных помещений являются концентрации аэроионов обеих полярностей и коэффициент униполярности в воздухе на рабочих местах.

**Концентрации аэроионов** (минимально допустимая и максимально допустимая) обеих полярностей, определяемые как количество аэроионов в одном кубическом сантиметре воздуха (ион/см<sup>3</sup>). Концентрация ионов положительной полярности  $\rho^+$  должна входить в диапазон значений от 400 до 50 000 ионов в 1 см<sup>3</sup>. Концентрация ионов отрицательной полярности  $\rho^-$  должна входить в диапазон значений от 600 до 50 000 ионов в 1 см<sup>3</sup>. Концентрация ионов определяется специальными приборами (рис. 16, рис. 17):



Рис. 16. Счетчик легких аэроионов  
**Сапфир-3К**



Рис. 17. Малогобаритный  
аэроионный счетчик **МАС-01**

**Коэффициент униполярности "У"** (минимально допустимый и максимально допустимый), определяется как отношение концентрации аэроионов положительной полярности ( $\rho^+$ ) к концентрации аэроионов отрицательной полярности ( $\rho^-$ ) и рассчитывается по формуле  $У = \rho^+ / \rho^-$ . Его нормативные значения составляют 0,4-1,0.

Проведение контроля аэроионного состава воздуха помещений следует осуществлять непосредственно на рабочих местах в зонах дыхания персонала и в соответствии с утвержденными в установленном порядке методиками контроля. Действующими санитарными правилами в зонах дыхания персонала на рабочих местах, где имеются источники электростатических полей (видеодисплейные терминалы или другие виды оргтехники), допускается отсутствие аэроионов положительной полярности.

В случае выявления несоответствия нормированным показателям

аэроионного состава воздуха рекомендуется осуществление его нормализации на протяжении всего времени пребывания человека на рабочем месте. Для нормализации аэроионного состава воздуха следует применять аэроионизаторы или деионизаторы, предназначенные для использования в санитарно-гигиенических целях, прошедшие санитарно-эпидемиологическую оценку и имеющие действующее санитарно-эпидемиологическое заключение.

*Электрическое поле.* Так как верхние слои атмосферы несут положительный электрический заряд, а Земля – отрицательный заряд, то положительные ионы движутся вертикально к земной поверхности.

Разница напряженности электрического поля между головой и стопами взрослого человека составляет 225 В. Эта разница потенциалов не оказывает существенного действия на организм. Вместе с тем, довольно часто возникают резкие аperiodические колебания электрического поля. Это связано с влиянием метеорологических условий и атмосферных загрязнений на электропроводность воздуха. Так, при туманах, сильном загрязнении атмосферы напряженность электрического поля может возрасти в 4 раза, а при грозах – в сотни раз.

Установлено, что атмосферное электричество воздействует на организм и участвует в развитии метеотропных реакций при резком изменении погоды.

*Геомагнитное поле Земли.* Состояние геомагнитного поля Земли зависит от солнечной радиации и поэтому периодически меняется. Резкие аperiodические изменения его называются геомагнитными бурями. Причиной возникновения геомагнитных бурь являются крупные вспышки на Солнце, вслед за которыми начинается деформация магнитного поля Земли и изменения в ионосфере.

Установлено, что через 2-3 дня после крупной вспышки на Солнце в организме человека уменьшается количество эритроцитов и лейкоцитов в крови, повышается ее свертываемость, учащаются гипертонические кризы, инсульты, инфаркты миокарда и др.

#### **Работа на занятии:**

1. Ознакомиться с устройством приборов, предназначенных для изучения физических свойств воздуха:
  - 1) метеоскоп;
  - 2) психрометр Августа;
  - 3) барометр-анероид;
  - 4) кататермометр
  - 5) анемометр
2. Провести исследование микроклимата в учебной комнате, заполнить протокол исследования. Дать гигиеническую оценку микроклимата в учебной комнате.

*Протокол исследования микроклимата  
в учебной комнате № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.*

№	Наименование параметров микроклимата	Высота от пола, м	Результаты измерений	
			у наружной стены (на расстоянии 0,5 м)	в центре помещения
1	Температура воздуха, °С	0,1		
		0,6		
		1,7		
2	Относительная влажность воздуха, %	1,1	–	
3	Скорость движения воздуха, м/с	0,1		
		0,6		
		1,7		

3. Решить ситуационные задачи.

- а) Решается вопрос о строительстве в одном из новых поселков городского типа промышленного предприятия, которое может являться потенциальным источником загрязнения атмосферного воздуха, и лечебно-профилактической организации (стационара). По приведенным среднегодовым данным повторяемости направления ветра постройте розу ветров, используя масштаб 1% – 1 мм. Схематично расположите в плане розы ветров рекомендуемое место земельного участка под строительство промышленного предприятия и лечебно-профилактической организации.

*Таблица*

*Удельный вес повторяемости ветров в течение года*

Румбы	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	Штиль
Повторяемость, %	5	4	4	15	32	12	12	10	6

- б) При исследовании микроклиматических условий в 3-кочной палате площадью 21 м<sup>2</sup> терапевтического отделения больницы получены следующие данные:

*Параметры микроклимата в больничной палате*

№	Наименование параметров микроклимата	Высота от пола, м	Результаты измерений	
			у наружной стены (на расстоянии 0,5 м)	в центре помещения
1	Температура воздуха, °С	0,1	21	21
		0,6	22	22
		1,7	23	23
2	Относительная влажность воздуха, %	1,1	–	20
3	Скорость движения воздуха, м/с	0,1	0,1	0,05
		0,6	0,1	0,05
		1,7	0,1	0,05

Нормативные документы: СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» (приложение 6).

**ЗАДАНИЕ**

1. Дайте гигиеническое заключение по приведенной ситуации.
2. Ответьте на следующие вопросы:

Какая физиологическая функция организма в наибольшей степени зависит от микроклиматических условий?

Какие теплоощущения будут преобладать при данных параметрах микроклимата?

Какой из способов теплоотдачи будет преобладать при данном микроклимате?

Какую роль играет влажность воздуха в процессах теплоотдачи?

Какое значение имеет скорость движения воздуха в помещении?

Какими способами можно регулировать микроклиматические условия в помещениях?

Какие варианты микроклиматических условий предпочтительнее для больных со склонностью к повышенному артериальному давлению (тёплые или прохладные)?

Какие варианты микроклиматических условий предпочтительнее для больных со склонностью к пониженному артериальному давлению (тёплые или прохладные)?

Какой способ теплоотдачи будет преобладать при комфортных условиях микроклимата?

Дайте рекомендации по улучшению микроклиматических условий в данной палате.

## ТЕМА 2. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ МИКРОКЛИМАТА

**Цель занятия.** Закрепить теоретические знания о физиолого-гигиеническом значении комплексного влияния физических факторов воздушной среды на процессы терморегуляции.

**Практические навыки.** Освоить методы изучения и гигиенической оценки комплексного действия метеофакторов на организм.

??

1. Методы оценки совместного теплового действия метеофакторов.
2. Кататермометрия как метод определения охлаждающей способности воздуха. Оценка комплексного влияния метеофакторов на организм человека по величине охлаждения кататермометра.
3. Шаровой термометр и области его применения. Понятие о радиационно-конвекционной температуре.
4. Эквивалентно-эффективные температуры (ЭЭТ). Преимущества и недостатки метода ЭЭТ.
5. Результирующая температура и методы ее определения.
6. Понятие об уравнении теплового баланса.

### Материал к теме:

Гигиеническая оценка микроклимата по отдельным метеорологическим показателям (температура, влажность, подвижность воздуха) не всегда дает полное представление о возможном тепловом воздействии окружающей среды на организм человека, так как они оказывают влияние не раздельно, а совместно. Известно также, что одинаковое субъективное восприятие окружающей среды может наблюдаться при различных значениях и сочетаниях параметров отдельных метеорологических показателей. Поэтому, чтобы правильно оценить микроклимат, физические условия теплообмена и тепловой нагрузки на организм человека предложены комплексные показатели, дающие возможность иметь более полное представление о состоянии организма человека, пребывающего в разных микроклиматических условиях.

Комплексные показатели теплообмена организма с внешней средой можно разделить на три группы:

1) базирующиеся на физической оценке факторов внешней среды; в их основу положено *использование приборов, моделирующих реакции организма человека на изменение метеорологических условий;*

2) учитывающие физиологическое напряжение организма от воздействия окружающей среды; в их основе лежит *использование формул, номограмм, уравнений* для оценки тепловых нагрузок и физиологического напряжения, возникающего в связи с этими нагрузками;

3) основанные на *оценке теплового обмена между телом человека и окружающей средой*; они разработаны с учетом физических принципов теплопередачи и считаются наиболее адекватными.

Из значительного числа комплексных показателей микроклимата помещений рассмотрим те, которые широко используются в гигиенической практике.

### ***1. Методы физической оценки факторов внешней среды***

Для физической оценки суммарного воздействия метеорологических факторов был разработан ряд специальных приборов, в том числе шаровой термометр (черный шар, черная сфера Вернона), кататермометр Хилла, влажный шаровой термометр Холдена. С помощью этих приборов, учитывающих влияние метеорологических факторов в различных комбинациях, можно определять скорость остывания нагретых тел и температуру в различных точках на их поверхности и внутри корпуса.

При их конструировании преследовалась цель создания такого аналога человеческого тела, который мог бы охарактеризовать влияние окружающей среды на тепловое состояние организма. Однако эти чисто физические приборы не учитывают физиологические реакции организма, характер одежды, физическую нагрузку и другие факторы, влияющие на теплообмен, они не могут воспроизвести условий потери тепла с поверхности кожи человека.

Поэтому в настоящее время некоторые из перечисленных приборов используются для измерения отдельных метеорологических факторов. Например, кататермометр применяется для определения скорости движения воздуха, черный шаровой термометр – для определения средней радиационной температуры и т.д.

### **Метод кататермометрии**

Экспериментально установлено, что для поддержания температуры тела на нормальном уровне необходимо, чтобы одетый человек терял при легкой работе 1,2-1,4 милликалории тепла в секунду с 1 см<sup>2</sup> поверхности тела; при средней и тяжелой работе теплопотери возрастают в 2-3 и более раз. Непосредственное определение величины теплопотерь организмом крайне сложно, поэтому пользуются различными косвенными способами их определения. Одним из данных способов является метод кататермометрии, ***позволяющий определить величину потери тепла физическим телом в зависимости от температуры и скорости движения воздуха.*** Хотя он и не может воспроизвести условия потери

тепла с поверхности тела человека, которые, как известно, зависят не только от охлаждающей способности воздуха, но и от работы терморегуляторных систем организма. С помощью данного метода установлено, что оптимальное тепловое самочувствие у лиц "сидячих" профессий при обычной одежде в помещениях наблюдается при величине охлаждения кататермометра в пределах 5,5-7,0 милликалорий в секунду. При более высоких показаниях кататермометра данные группы людей будут испытывать холод, а при меньших - духоту; при показаниях кататермометра 3,2 милликалорий в секунду повышается потоотделение.

**Кататермометр Хилла** – нагреваемый спиртовой термометр представляет собой "аналог" кожи человека и остывает с 38° до 35°С.

Методика определения **величины охлаждения кататермометра (Н)** приведена выше.

В помещениях тепловой комфорт будет иметь место при значениях величин Н, равных 5–7 милликалорий в секунду.

Кататермометр характеризует действие температуры и скорости движения воздуха.

### **Шаровой термометр**

Шаровой термометр представляет собой зачерненную снаружи полую сферу (рис. 18), изготовленную из меди или другого теплопроводного материала, внутри которой помещен либо стеклянный термометр с удлиненным капилляром, либо термоэлектрический преобразователь. Ртутный резервуар термометра покрывается сажей и помещается в центре шара.



Рис. 18. Шаровой термометр

Шаровой термометр находится под воздействием радиационного тепла окружающих предметов, температуры воздуха и скорости его движения, следовательно, интегрирует влияние радиационного и конвекционного тепла. По нему находят **радиационно-конвекционную температуру (РКТ)**. Чаще всего он находит применение при наличии источников излучения. Применение шарового термометра в помещениях возможно только при интенсивности излучения около  $0,5 \text{ кал/см}^2/\text{мин}$  и при движении воздуха до  $0,3 \text{ м/с}$ . При более высоких скоростях движения воздуха и слабых источниках излучения он будет показывать температуру воздуха.

Вблизи шарового термометра одновременно определяют температуру и скорость движения воздуха.

**Среднюю радиационную температуру (СРТ)** находят по показаниям шарового, обычного термометров и величине скорости движения воздуха.

СРТ определяется различными способами:

а) по формуле Бедфорда 
$$CPT = \sqrt[4]{(t_{ш} + 273)^4 \cdot 10^{-8} + 2,5\sqrt{v}(t_{ш} - t_{ср})} - 273;$$

б) по таблицам В.В. Шибя;

в) по номограмме (прил. 7).

Номограмма состоит из четырех вертикальных шкал: на первой

представлены величины разностей температур по шаровому и сухому термометру ( $t_{ш} - t_c$ ), вторая шкала является вспомогательной, третья шкала для получения величины СРТ и четвертая - шкала для величин шаровой температур ( $t_{ш}$ ). Кроме того, имеется одна горизонтальная шкала, на которой представлена скорость ветра ( $V$ ) в м/с.

Путём соединения точки на первой вертикальной шкале, соответствующей разности температур по шаровому и сухому термометру с точкой на горизонтальной шкале, соответствующей величине подвижности воздуха ( $V$ ) и продолжения этой линии до пересечения со второй вертикальной линией, находится вспомогательная точка. Эта точка соединяется с точкой на последней вертикальной шкале ( $t_{ш}$ ). На пересечении линии с третьей вертикальной линией находится величина СРТ.

## **2. Индексы, отражающие отношение между метеорологическими факторами и физиологическими реакциями человека**

Комплексные показатели этой группы основаны на разработке шкал, номограмм, таблиц и формул, отражающих связь между комплексом метеорологических факторов и теплоощущениями или физиологическими реакциями организма. Так возникли методы эффективной, эквивалентно-эффективной и результирующей температур (ЭТ, ЭЭТ, РТ), индекс влажной шаровой температуры (ВШТ), индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс) и др.

Человек ощущает воздействие параметров микроклимата комплексно. На этом явлении основано введение так называемых **эффективной и эффективно-эквивалентной температур**.

**1) Эффективная температура** характеризует ощущения человека при одновременном воздействии двух факторов: *температуры и движения воздуха*.

**2) Эквивалентно-эффективная температура** учитывает еще и *влажность воздуха*.

Эти температуры определяют по таблицам, формулам, либо по номограммам, построенным опытным путем.

### **Метод эквивалентно-эффективных температур (ЭЭТ)**

**Эквивалентно-эффективная температура** - это условный показатель, основанный на сравнении теплоощущения людей при данных метеоусловиях с их теплоощущением в условиях неподвижного, полностью насыщенного водяными парами воздуха, имеющего такую же температуру. Так, комфортное теплоощущение у человека может наблюдаться при следующих сочетаниях метеофакторов (табл. 3).

Различные сочетания температуры, влажности и подвижности воздуха, соответствующие эффективной температуре, равной 18,8 °

ЭТ, °	Температура, °С	Относительная влажность, %	Подвижность воздуха, м/с
18,8	18,8	100	0
	22,3	50	0,5
	27,0	20	3,5

Данные таблицы показывают, что одинаковое теплоощущение может быть достигнуто в зависимости от влажности и скорости движения воздуха при его различной температуре и, наоборот, при одной и той же температуре могут иметь место разные теплопотери и самочувствие людей. Из этого следует, что характеризовать тепловое состояние среды только одним, даже таким важным показателем, как температура воздуха, явно недостаточно.

Для обычно одетых людей, находящихся в покое или выполняющих лёгкую работу, "зона комфорта", в которой у 50% людей будет комфортное теплоощущение, лежит в пределах ЭТ между 17,2° и 21,7°, а "линия комфорта" - часть шкалы ЭТ, в которой 100% людей чувствуют себя комфортно, в пределах ЭТ от 18,1° до 18,9°.

При работе средней тяжести зона комфорта по шкале ЭТ снижается примерно на 1°, а при тяжелой - на 2,5° ЭТ.

Определение ЭЭТ производится по таблицам на основании измеренных температур, относительной влажности и скорости движения воздуха. ЭЭТ находят в месте пересечения вертикального столбца, соответствующего данной скорости движения воздуха при определённой относительной влажности, с горизонтальной строкой, соответствующей заданной температуре (прил. 8).

Для вычисления эффективных температур по номограмме надо определить температуру (с помощью психрометра) по сухому и влажному термометрам и скорость движения воздуха – кататермометром.

Точка пересечения линий, соединяющих показания влажного и сухого термометров и наклонной линии, указывающей скорость движения воздуха, будет искомой эффективной температурой (поперечные линии) (прил. 9).

С помощью номограммы при необходимости можно определить, в каком направлении и насколько нужно изменить тот или иной показатель (температуру, скорость движения или влажность воздуха), чтобы приблизить ЭЭТ к комфортной величине, или хотя бы создать приемлемые условия.

Недостатком шкалы ЭЭТ является то, что она не учитывает изменения теплоощущения в процессе акклиматизации, а также в

зависимости от возраста и пола. Эффективные температуры применимы только в условиях положительных температур (от 0 до 38° ЭЭТ).

Кроме того, данный метод невозможно применить для людей, одетых в более теплую, чем комнатная, одежду или выполняющих тяжелую работу. Нельзя его использовать и в тех случаях, когда имеются источники «положительной» или «отрицательной» тепловой радиации, т.е. когда температура окружающих предметов заметно отличается от температуры воздуха.

### **Определение результирующей температуры (РТ)**

**Результирующая температура (РТ)** дает возможность определить и оценить суммарное тепловое действие на организм человека всех четырех факторов микроклимата – температуры, влажности, движения воздуха и теплового излучения (радиационной температуры).

Для определения РТ по номограмме необходимо предварительно определить температуру воздуха, скорость движения воздуха, среднюю радиационную температуру и абсолютную влажность воздуха.

Существует три вида номограмм: одна – для обнаженных людей в состоянии покоя (основная шкала), вторая – для людей, одетых в комнатную одежду и выполняющих легкую одежду (нормальная шкала) (прил.10), и третья – для выполняющих тяжелую физическую работу (прил. 11). Таким образом, метод РТ в некоторой степени учитывает интенсивность работы.

Комфортной для состояния покоя является РТ около 19°. Зона комфорта для нормальной шкалы РТ находится в пределах 16 – 20° (в зависимости от тяжести работы). При обмене энергии, соответствующей работе средней тяжести эта зона перемещается в сторону еще более низких температур (прил. 12).

Шкала РТ находится в центре номограммы (рис. 19) в виде почти параллельных линий, пересекающих в поперечном направлении веерообразную шкалу скоростей движения воздуха в м/с.

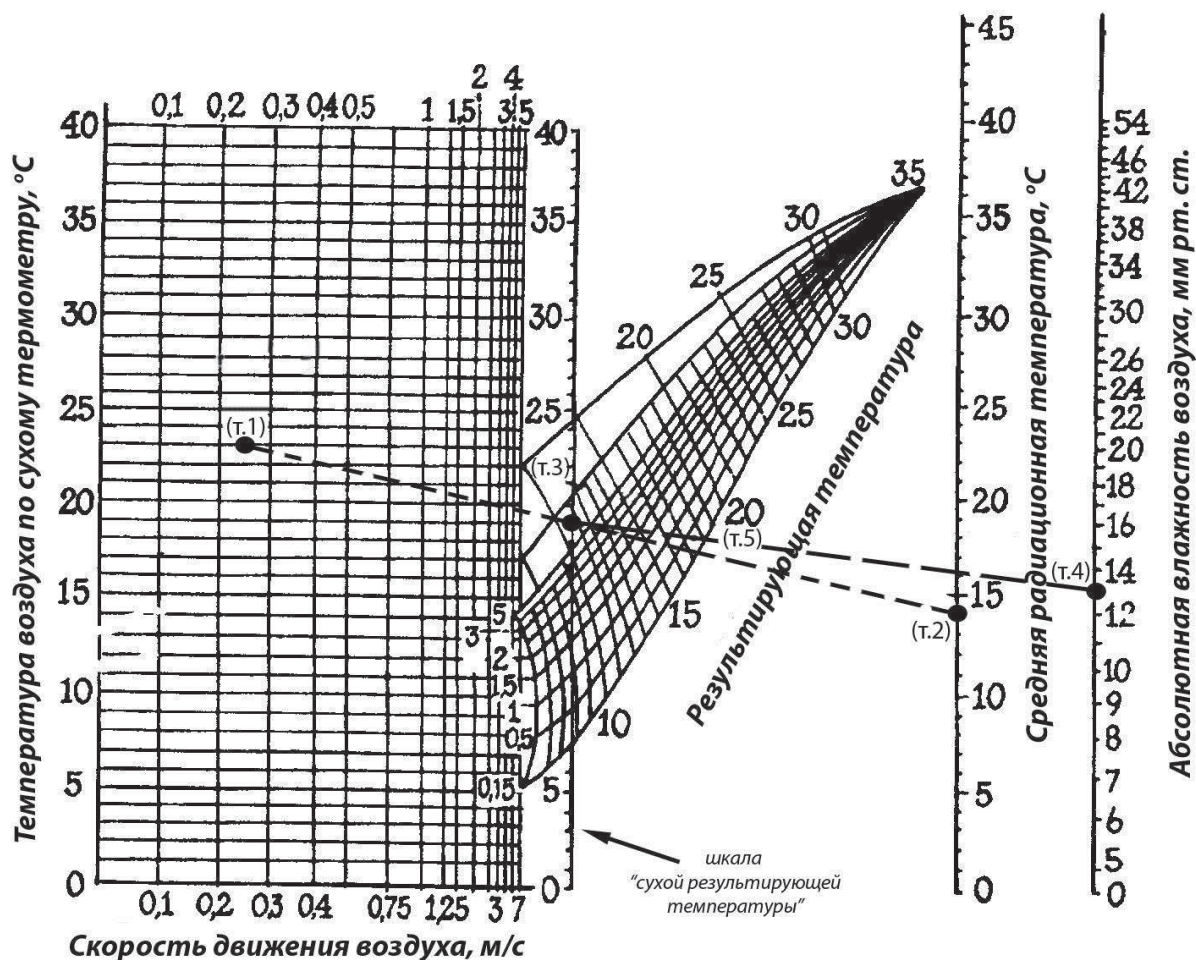


Рис. 19. Номограмма для определения результирующей температуры (для легкой работы)

В левой части номограммы имеется сетка, на которой по вертикали обозначены величины температур воздуха, а по горизонтали — скорость движения воздуха в м/с. На пересечении линий температуры и скорости движения воздуха устанавливают первую точку. Вторая точка берется на вертикальной шкале средней радиационной температуры. Точки соединяют и на второй вертикальной шкале находят «сухую» РТ. Точку, найденную на шкале сухой РТ, соединяют прямой линией с соответствующим значением абсолютной влажности в мм рт. столба на четвертой вертикальной шкале. На пересечении этой линии с линией, соответствующей скорости движения воздуха, находят фактическую результирующую температуру.

Пример:

Пусть температура по сухому термометру равна 24 °С, скорость ветра — 0,25 м/с, средняя радиационная температура (СРТ) - 14°С, абсолютная влажность воздуха - 14 мм рт. ст.

Устанавливаем первую точку на пересечении температуры по сухому термометру - 24 °С и скорости ветра — 0,25 м/с (т.1). Отмечаем вторую точку на шкале СРТ (т.2) - 14°С. Точки соединяют и находят «сухую» РТ (т.3). Точку 3 соединяют с соответствующим значением абсолютной влажности - 14 мм рт. ст. На пересечении этой линии с линией, соответствующей скорости движения воздуха (0,25 м/с), находят фактическую РТ - 18°.

### Индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс)

Для интегральной оценки микроклимата на рабочих местах в условиях промышленного производства применяется индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс), характеризующий сочетанное действие на организм человека температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения от окружающих поверхностей.

ТНС-индекс является показателем, выраженным в °С, рассчитанным на основе величин температуры влажного термометра аспирационного психрометра ( $t_{вл}$ ) и температуры шарового термометра ( $t_{ш}$ ) по формуле:

$$ТНС = 0,7 \cdot t_{\text{влаж}} + 0,3 \cdot t_{\text{шар}}$$

где  $t_{вл}$  – температура воздуха по показаниям влажного термометра;  $t_{ш}$  — температура по показаниям шарового термометра; 0,7 и 0,3 — эмпирические коэффициенты.

Этот показатель рекомендуется использовать для следующих условий на рабочих местах: при скорости движения воздуха менее 0,6 м/с и интенсивности теплового облучения менее 1000 Вт/м<sup>2</sup>.

Допустимые величины тепловой нагрузки по показателям ТНС-индекса в зависимости от тяжести работы (уровня энергозатрат) находятся в пределах 18,0 – 26,4°С (табл. 4).

Таблица 4

Рекомендуемые величины интегрального показателя нагрузки среды (ТНС-индекса) для профилактики перегревания организма

Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Величина интегрального показателя, °С
Iа (до139)	22,2 – 26,4
Iб (140-174)	21,5 – 25,8
IIа (175 – 232)	20,5 – 25,1
IIб (233 – 290)	19,5 – 23,9
III (более 290)	18,0 – 21,8

### **3. Комплексная оценка теплового состояния среды по уравнению теплового баланса**

Нормирование теплового состояния среды осуществляется в интересах поддержания весьма важной константы человеческого организма – его температуры тела.

Условием нормального состояния человека, в частности теплового, является равенство между величиной теплообразования ( $Q_{тп}$ ) и теплоотдачи ( $Q_{то}$ ). Эти соотношения в общей форме могут быть выражены простым уравнением:

$$Q_{тп} = Q_{то}$$

Известно, что теплоотдача организмом происходит путем конвекции, проведения, излучения и испарения. Введя эти величины в уравнение, получим:

$$Q_{тп} = Q_{пк} + Q_{рад} + Q_{исп}$$

В теплотехнике отдачу тепла конвекцией, проведением и излучением ( $Q_{пк} + Q_{рад}$ ) объединяют одним понятием – тепловой поток (ТП). Применительно к человеку тепловой поток с поверхности тела зависит от разницы температур кожи и среды, а также от тепловых свойств одежды:

$$ТП = K_{од} (t_k - КП),$$

где ТП – величина теплового потока в ккалориях/час

$K_{од}$  – коэффициент теплопередачи одежды в ккал/час.° кп

$t_k$  – средневзвешенная температура кожи в °С

КП – комплексный показатель теплового состояния среды.

Подставив значение теплового потока в уравнение, получим:

$$Q_{тп} = K_{од} (t_k - КП) + Q_{исп}$$

Решив это уравнение относительно КП, мы найдем оптимальное тепловое состояние среды, обеспечивающее тепловое равновесие организма:

$$КП = t_{кожи} - \frac{Q_{тп} - Q_{исп}}{K_{од}}$$

Когда оказывается невозможным нормировать тепловое состояние среды (наружная атмосфера), этим же уравнением можно воспользоваться для нахождения подходящей одежды (по величине  $K_{од}$ ) при определенном виде деятельности.

Таким образом, оценка теплового действия среды производится в следующем порядке: а) измеряют отдельные метеофакторы; б) вычисляют КП; в) сопоставляют найденную величину КП с комфортной для данной тяжести и вида работы – по уравнению теплового баланса.

Составляющие уравнения теплового баланса могут быть найдены в таблице 5. Она рассчитана при условии, что средневзвешенная температура кожи в комфортных условиях равняется 34°. Доля теплоотдачи путем испарения обычно в этих же условиях составляет 20–25%. Коэффициенты теплопередачи одежды взяты для основных ее типов: комнатной, демисезонной, зимней и летней.

Таблица 5

Величины КП, обеспечивающие тепловое равновесие при известных тепловых свойствах одежды и интенсивностях теплообразования

Теплопродукция, килокалории в час						К <sub>од</sub> ·ккалории/ час·S·КП
75,0	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0	
+15	+10	-1	-12	-23	-37	3,6
+18	+13	+3	-6	-16	-27	4,17
+23	+20	+12	+5	-2	-11	5,52
+25	+23	+17	+11	+6	-1	7,0

Конечно, при меняющихся величинах теплообразования (работа, отдых) тепловые свойства одежды при данных температурах могут быть несколько избыточными или недостаточными, и полного соответствия между теплообразованием и теплоотдачей не будет. Поэтому более точное и тонкое уравнивание будет достигаться включением терморегуляторных механизмов (изменение теплообразования и теплоотдачи). В частности, теплопродукция в состоянии покоя вместо 100 ккал/час под влиянием холода может увеличиваться до 110–130 ккал/час вследствие повышения мышечного тонуса, мышечной дрожи и т.д. Снизится теплоотдача и кожная температура (до 32–31°C). Наоборот, при повышенной температуре внешней среды обмен покоя может уменьшиться до 90 – 80 ккал/час, температура кожи повысится до 35–36°.

Таким образом, фактическую величину комплексного показателя находим по номограмме или по формуле (ЭТ, РТ), а также по показаниям приборов (кататермометр, шаровой термометр) и оцениваем суммарный тепловой эффект метеофакторов, сопоставляя его с зоной комфорта, или с нормами, получаемыми по уравнению теплового баланса.

Полученные данные заносятся в протокол и на их основе делается заключение, намечаются мероприятия по предупреждению простудных заболеваний и тепловых поражений.

#### 4. Отопление

Основная задача отопления - должно обеспечивать нормальный микроклимат и устойчивый тепловой режим, который исключает переохлаждение и перегревание организма, а также способствует соблюдению технологических процессов.

Виды систем отопления:

- 1) местное (печное, а также газовыми и электрическими приборами)
- 2) центральное (генератор тепла вынесен за пределы отапливаемого помещения).

Местное (печное) отопление характеризуется невысокими гигиеническими показателями, т.к. ввиду малой теплоемкости печей имеются значительные суточные колебания температуры воздуха, а помещения загрязняются золой, топливом, дымовыми газами, пылью.

Центральное отопление более гигиенично: обеспечивает равномерный нагрев воздуха в течение суток. Расположение нагревательных приборов под окнами препятствует образованию холодных потоков воздуха у пола. Центральное отопление осуществляется от котельных или теплоэлектроцентралей.

В зависимости от вида теплоносителя отопления классифицируется на

- 1) водяное,
- 2) паровое,
- 3) воздушное,
- 4) комбинированное,
- 5) панельно-лучистое.

Наиболее приемлема в гигиеническом отношении система центрального водяного отопления низкого давления, позволяет обеспечивать в помещениях равномерную температуру воздуха, регулировать поступление тепла путем изменения температуры воды, исключает возможность загрязнения помещения пылью, так как поверхность радиаторов нагревается обычно до температуры не более 80 °С.

Менее гигиенично паровое отопление: высокая температура поверхности приборов (не ниже 100°С) способствует перегреву воздуха и возгонке пыли. Сложна в эксплуатации.

Воздушное отопление обычно выполняется с частичной рециркуляцией. Рециркуляция воздуха не допускается в помещениях, в

воздухе которых содержится производственная пыль, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, вещества с резким запахом и др.

Конструкция нагревательных приборов при водяном и паровом отоплении и их размещение имеют большое гигиеническое значение, как для теплообмена организма человека, так и для общего санитарного состояния помещения. Нагревательные приборы располагают у наружных ограждений, в первую очередь под окнами. Рекомендуется использовать гладкие нагревательные приборы. Установка ребристых радиаторов нежелательна, так как наличие ребер усложняет очистку.

Панельно-лучистое отопление имеет ряд преимуществ: обеспечивает равномерное распределение тепла в помещении благодаря наличию больших нагревательных поверхностей; уменьшает отдачу тепла излучением; не занимает полезной площади помещений. При этой системе в стены, потолок, пол закладываются нагревательные элементы в виде труб или плит с циркулирующей в них горячей водой либо паром, а также каналы с горячим воздухом или электроспирали.

При панельно-лучистом отоплении практически отсутствует возгонка пыли, поскольку конвекционные токи в воздухе чрезвычайно слабы. Это отопление создает более комфортные условия при температуре воздуха 17-18 °С, чем обычные радиаторные системы при температуре воздуха 19-20 °С.

Физиологическое обоснование этого эффекта заключается в том, что в условиях панельно-лучистого отопления организм человека воспринимает, главным образом, радиационное тепло, т.е. тепло от нагретых поверхностей, которое обладает более сильным биологическим действием, чем конвекционное тепло (тепло нагретого воздуха).

К гигиеническим недостаткам панельно-лучистого отопления можно отнести медленное нагревание помещения до заданной температуры и невозможность быстрого регулирования установок.

### **Гигиенические требования к отоплению:**

отопительные приборы должны обеспечивать установленную нормами температуру независимо от температуры наружного воздуха и количества находящихся в помещении людей;

температура воздуха в помещении должна быть равномерна как в горизонтальном, так и вертикальном направлении;

суточные колебания температуры не должны превышать 2-3 °С при центральном отоплении и 3 °С - при печном;

разница в температуре воздуха по горизонтали (от окон до противоположных стен) не должна превышать 2 °С, по вертикали - 2-2,5 °С на каждый метр высоты помещения;

температура внутренних поверхностей ограждений (стены, потолки, пол) должна приближаться к температуре воздуха помещений, разность температур не должна превышать 4-5 °С;

отопление помещений должно быть непрерывным в течение отопительного сезона и предусматривать качественное и количественное регулирование теплоотдачи;

отопительная система не должна загрязнять воздух;

средняя температура нагревательных приборов не должна превышать 80°C (опасность избыточного теплоизлучения, пригорания);

поверхность приборов должна быть доступной для очистки

### Работа на занятии:

1. Провести исследование микроклимата в учебном помещении методами комплексной оценки.
  - 1) В указанном преподавателем помещении определить и оценить охлаждающую способность воздуха с помощью кататермометра.
  - 2) Рассчитать подвижность воздуха по кататермометру.
  - 3) С помощью психрометра определить относительную влажность воздуха.
  - 4) Определить эквивалентно-эффективную температуру по таблице и оценить ее по номограмме.
  - 5) Определить среднюю радиационную температуру по шаровому термометру.
  - 6) Определить и оценить показания результирующей температуры в учебном помещении.
  - 7) Результаты всех выполненных исследований оформить протоколом по приведенной ниже форме с заключением и рекомендациями по оптимизации микроклимата в обследуемом помещении.

### Протокол

исследования микроклимата методами комплексной оценки

В \_\_\_\_\_  
(наименование помещения)

Дата исследования \_\_\_\_\_

Особенности отопления и вентиляции в помещении: \_\_\_\_\_

Источники лучистой энергии \_\_\_\_\_

1. Измерение охлаждающей способности воздуха кататермометром

\_\_\_\_\_ (указать его тип)

Фактор прибора \_\_\_\_\_

Температура воздуха \_\_\_\_\_

Время опускания спирта по капилляру \_\_\_\_\_ сек

Охлаждающая способность воздуха (Н), рассчитанная по соответствующей типу кататермометра формуле: \_\_\_\_\_

Скорость движения воздуха: \_\_\_\_\_

2. Определение ЭЭТ в обследованном помещении руководствуясь номограммой и замерами:

температуры \_\_\_\_\_

относительной влажности \_\_\_\_\_

скорости движения воздуха \_\_\_\_\_

ЭЭТ составляет \_\_\_\_\_

3. Определение результирующей температуры:

Показания шарового термометра в °С \_\_\_\_\_

Показания обычного термометра в °С \_\_\_\_\_

Скорость движения воздуха \_\_\_\_\_ (м/сек)

Средняя радиационная температура в °С \_\_\_\_\_

Скорость движения воздуха \_\_\_\_\_ (м/сек)

Абсолютная влажность \_\_\_\_\_ (мг/м<sup>3</sup>)

Результирующая температура \_\_\_\_\_ °РТ

Заключение: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Исследование проводил /подпись/

## 2. Решить ситуационные задачи.

1) Определить эквивалентно-эффективную температуру по таблице (прил. 8) и номограмме (прил. 9) и дать гигиеническую оценку микроклимата в жилой комнате при следующих условиях: температура сухого термометра 24<sup>0</sup>С, влажного 18<sup>0</sup> (психрометр Августа), скорость движения воздуха 0,1 м/с.

2) Определить результирующую температуру (по номограмме) и дать гигиеническую оценку микроклимата в помещениях библиотеки при следующих показателях: температура сухого термометра 23<sup>0</sup>С, влажного 20<sup>0</sup> (психрометр Ассмана), температура шарового термометра 24<sup>0</sup>С, скорость движения воздуха 0,2 м/с, атмосферное давление 760 мм.рт.ст.

**Приложение 1. Психрометрическая таблица для определения  
относительной влажности воздуха по показаниям психрометра**

**Августа**

Показания сухого термометра	Разность показаний сухого и влажного термометров										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>0</b>	100	81	63	45	28	11	-	-	-	-	-
<b>1</b>	100	83	65	48	32	16	-	-	-	-	-
<b>2</b>	100	84	68	51	35	20	-	-	-	-	-
<b>3</b>	100	84	69	54	39	24	10	-	-	-	-
<b>4</b>	100	85	70	56	42	28	14	-	-	-	-
<b>5</b>	100	86	72	58	45	32	19	6	-	-	-
<b>6</b>	100	86	73	60	47	35	23	10	-	-	-
<b>7</b>	100	87	74	61	49	37	26	14	-	-	-
<b>8</b>	100	87	75	63	51	40	28	18	7	-	-
<b>9</b>	100	88	76	64	53	42	34	21	10	-	-
<b>10</b>	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	-
<b>11</b>	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8	-
<b>12</b>	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
<b>13</b>	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
<b>14</b>	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
<b>15</b>	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
<b>16</b>	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
<b>17</b>	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
<b>18</b>	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
<b>19</b>	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
<b>20</b>	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
<b>21</b>	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
<b>22</b>	100	92	83	75	68	61	54	47	40	34	28
<b>23</b>	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
<b>24</b>	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
<b>25</b>	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33
<b>26</b>	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
<b>27</b>	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36
<b>28</b>	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
<b>29</b>	100	93	85	79	72	66	60	54	49	43	38
<b>30</b>	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

**Приложение 2. Психрометрическая таблица для определения  
относительной влажности воздуха по показаниям аспирационного  
психрометра Ассмана**

Показания сухого термометра, °С	Показания влажного термометра, °С												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
13	100												
14	90	100											
15	80	90	100										
16	71	81	90	100									
17	64	72	81	90	100								
18	56	65	73	82	91	100							
19	50	58	66	74	82	91	100						
20	44	52	59	66	74	83	91	100					
21	39	46	53	60	67	75	83	91	100				
22	34	40	47	54	61	68	76	84	92	100			
23	30	36	42	48	55	62	69	76	84	92	100		
24	26	31	37	43	49	56	63	70	77	84	92	100	
25	22	27	33	38	44	50	57	63	70	77	84	92	100
26	19	24	29	34	40	46	52	58	64	71	77	85	92
27	16	21	25	30	36	41	47	52	58	65	71	78	85
28	13	18	22	27	32	37	42	48	53	59	65	72	78

**Приложение 3. Максимальная упругость водяных паров при разных температурах**

Температура воздуха, °С	Напряжение водяных паров, мм рт. ст.	Температура воздуха, °С	Напряжение водяных паров, мм рт. ст.
- 20	0,94	16	13,634
- 15	1,44	17	14,53
- 10	2,15	18	15,477
- 5	3,16	19	16,477
0	4,579	20	17,735
1	4,946	21	18,65
2	5,294	22	19,827
3	5,685	23	21,068
4	6,101	24	22,377
5	6,543	25	23,756
6	7,103	26	25,209
7	7,513	27	26,74
8	8,045	28	28,35
9	8,609	29	30,04
10	9,209	30	31,82
11	9,844	31	33,7
12	10,518	32	35,66
13	11,231	35	42,175
14	11,987	37	47,067
15	12,788	100	760

**Приложение 4. Скорость движения воздуха меньше 1 м/с с учетом поправок на температуру**

H/Ø	Температура воздуха, °С						
	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
0,27	—	—	—	—	0,041	0,047	0,051
0,28	—	—	—	0,049	0,051	0,061	0,070
0,29	0,041	0,050	0,051	0,060	0,076	0,085	0,089
0,30	0,051	0,060	0,065	0,073	0,082	0,091	0,101
0,31	0,061	0,070	0,079	0,088	0,098	0,107	0,116
0,32	0,076	0,085	0,094	0,104	0,113	0,124	0,136
0,33	0,091	0,101	0,110	0,119	0,128	0,140	0,158
0,34	0,107	0,115	0,129	0,139	0,148	0,160	0,196
0,35	0,127	0,136	0,145	0,154	0,167	0,180	0,196
0,36	0,142	0,151	0,165	0,179	0,179	0,192	0,206
0,37	0,163	0,172	0,185	0,198	0,212	0,226	0,240
0,38	0,183	0,197	0,210	0,222	0,239	0,249	0,266
0,39	0,208	0,222	0,232	0,244	0,257	0,274	0,293
0,40	0,229	0,242	0,256	0,269	0,287	0,305	0,323
0,41	0,254	0,267	0,282	0,299	0,314	0,330	0,349
0,42	0,280	0,293	0,311	0,325	0,343	0,361	0,379
0,43	0,320	0,324	0,342	0,356	0,373	0,392	0,410
0,44	0,340	0,354	0,368	0,385	0,401	0,417	0,445
0,45	0,366	0,351	0,398	0,412	0,428	0,449	0,471
0,46	0,396	0,415	0,429	0,446	0,465	0,483	0,501
0,47	0,427	0,445	0,464	0,482	0,500	0,518	0,537
0,48	0,468	0,481	0,499	0,513	0,531	0,551	0,572
0,50	0,539	0,557	0,571	0,589	0,604	0,622	0,640
0,51	0,574	0,593	0,607	0,628	0,648	0,666	0,684
0,52	0,615	0,633	0,644	0,665	0,683	0,701	0,720
0,53	0,656	0,674	0,688	0,705	0,724	0,742	0,760
0,54	0,696	0,715	0,729	0,746	0,764	0,783	0,801
0,55	0,737	0,755	0,770	0,790	0,807	0,827	0,844
0,56	0,788	0,801	0,815	0,833	0,851	0,867	0,884
0,57	0,834	0,832	0,867	0,882	0,898	0,915	0,933
0,58	0,879	0,898	0,912	0,929	0,911	0,999	0,972
0,59	0,930	0,943	0,957	0,971	0,985	1,001	1,018
0,60	0,981	0,994	1,008	1,022	1,003	1,014	1,056

**Приложение 5. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха в жилых, общественных и административно-бытовых помещениях**

*(«Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» СанПиН 2.1.2.2645-10; «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» СП 60.13330.2016. Извлечения)*

Наименование помещений	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с, не >	
	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
<b>Холодный и переходные периоды года</b>						
Жилая комната	20-22	18-24	45-30	не > 60	0,15	0,2
То же, в районах наиболее холодной пятидневки (минус 31°С и ниже)	21-23	20-24	45-30	не > 60	0,15	0,2
Кухня	19-21	18-26	н/н*	н/н	0,15	0,2
Туалет	19-21	18-26	н/н	н/н	0,15	0,2
Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	н/н	н/н	0,15	0,2
Межквартирный коридор	18-20	16-22	45-30	не > 60	0,15	0,2
Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	н/н	н/н	0,2	0,3
Кладовые	16-18	12-22	н/н	н/н	н/н	н/н
Другие общественные и административно-бытовые помещения	20-22	18-22	45-30	не > 65	0,2	0,2
<b>Теплый период года</b>						
Жилая комната	22-25	20-28	60-30	65	0,2	0,3
Другие общественные и административно-бытовые помещения	20-22 23-25	не > 28	60-30	не > 65	0,2 0,3	0,5

\* не нормируется

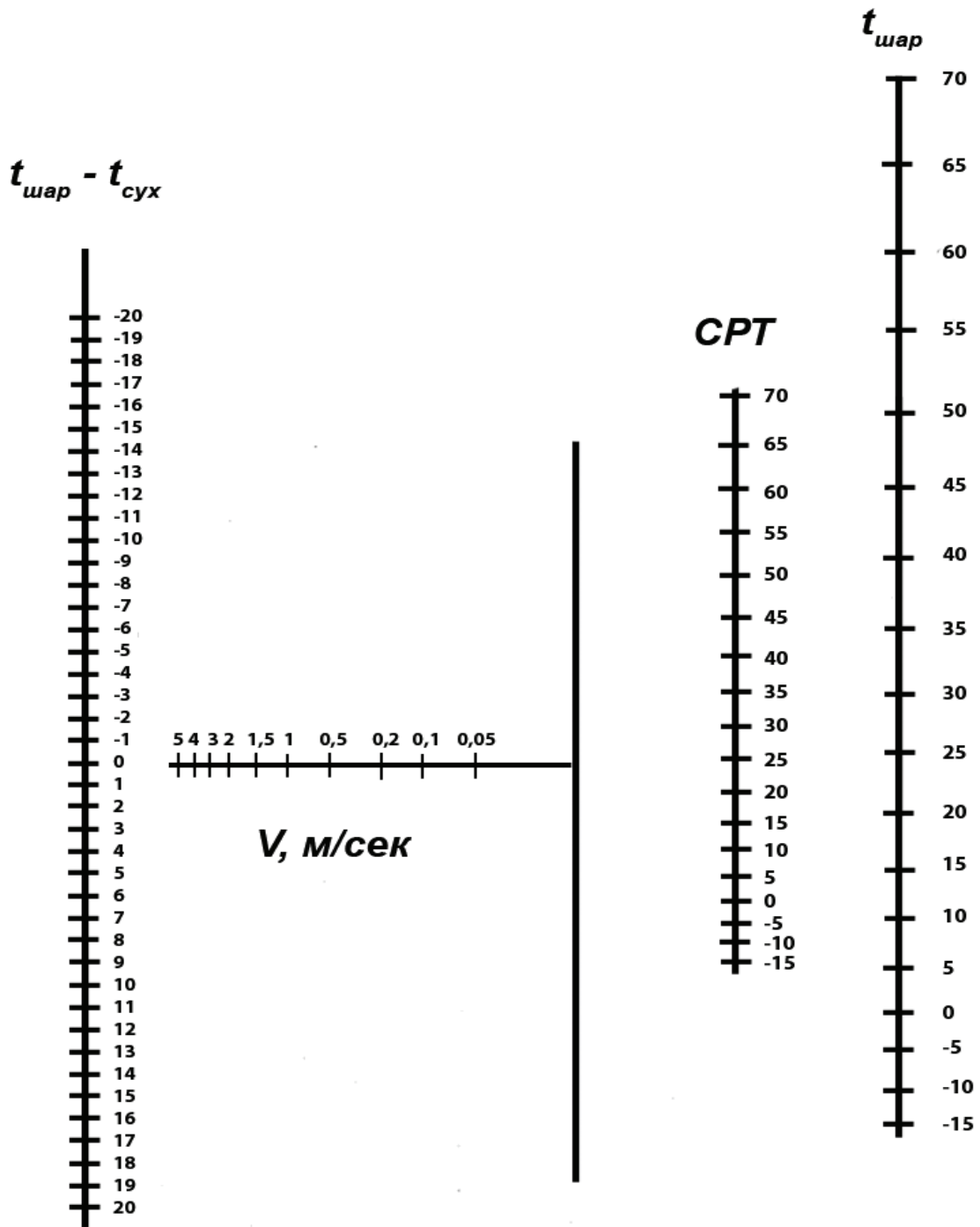
### **Приложение 6. Нормы микроклимата в детских и лечебных организациях**

(«Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» СанПиН 2.1.3.2630-10;  
«Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях» СанПиН  
2.4.2.2821-10; «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы дошкольных  
образовательных организаций» СанПиН 2.4.1.3049-13. Извлечения)

Наименование помещений	Сезон года	Показатели микроклимата		
		Температура, (°С)	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/с
<i>Дошкольные организации</i>				
приемные, игровые ясельных групповых ячеек		не ниже 22	40 - 60	не более 0,1
приемные, игровые младшей, средней, старшей групповых ячеек		21		
спальни всех групповых ячеек		19		
<i>Школы (в зависимости от климатических условий)</i>				
классы, кабинеты, рекреации, вестибюль, гардероб		18-24	40-60	не более 0,1
мастерские, спортзалы		17-20		
медицинские кабинеты		20-22		
<i>Лечебно-профилактические организации</i>				
палаты для взрослых	зима	20	30-50	не более 0,15
палаты для детей, боксы, полубоксы		22		
кабинет стоматолога и основные помещения зуботехнической лаборатории	холодный и переходный*	18 – 21	40 – 60	не более 0,2
	теплый	21 – 25		

\* – среднесуточная температура наружного воздуха +8°С и выше.

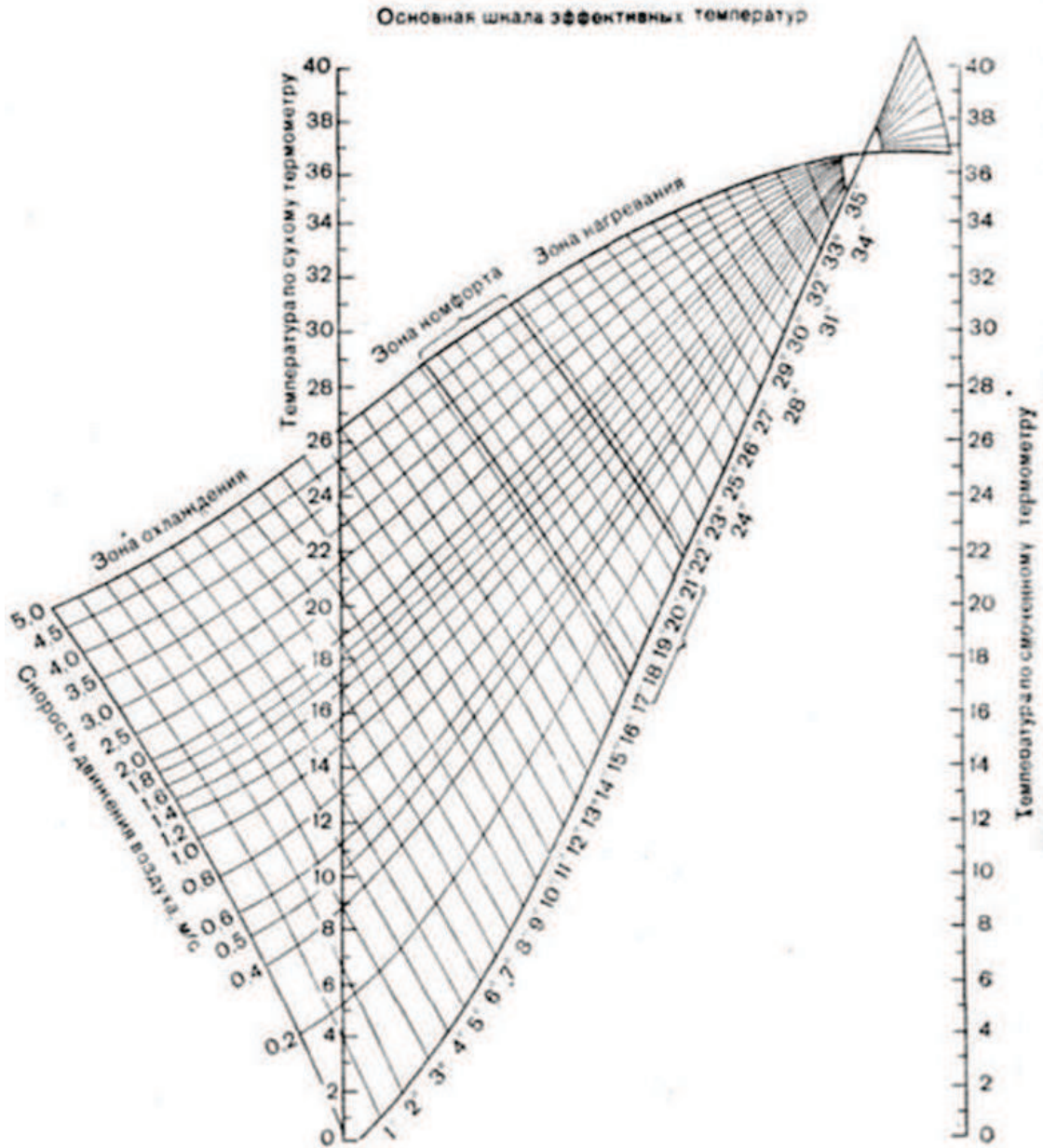
**Приложение 7. Номограмма для определения средней радиационной температуры**



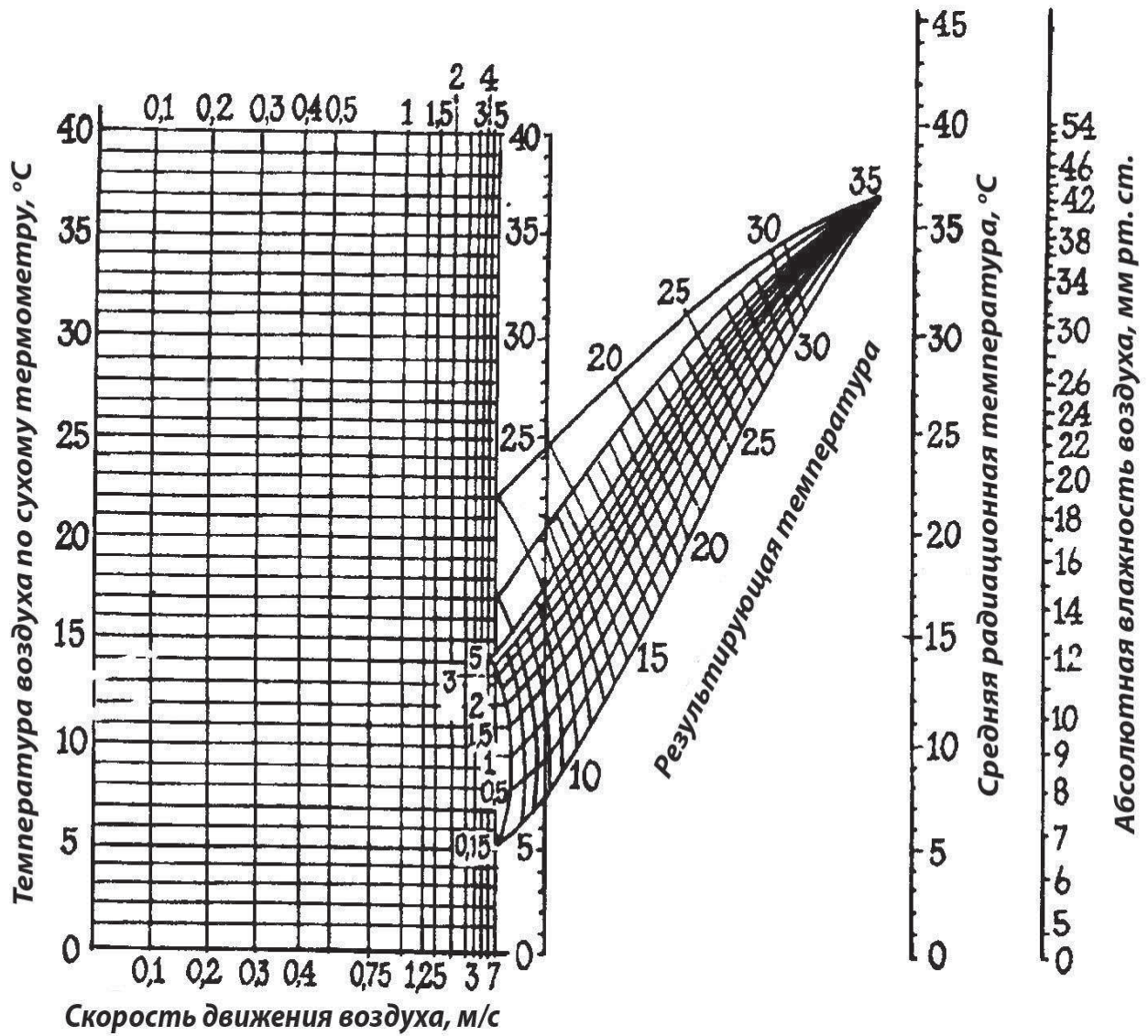
### Приложение 8. Нормальная шкала эквивалентно-эффективных температур

t°в граду- сах, С	Скорость движения воздуха в м/сек																				
	0			0,25			0,5			1,0			1,5			2,5			3,5		
	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%
14	14	13,0	12,5	13,1	12,3	11,9	12,1	11,5	11,2	11,5	10,0	9,7	8,6	8,5	8,4	6,6	6,9	7,0	5,1	5,8	6,1
15	15	13,9	13,3	14,1	13,2	12,8	13,1	12,4	12,0	12,7	11,0	10,6	10,0	9,8	9,5	8,0	8,1	8,1	6,6	7,0	7,2
16	16	14,7	14,1	15,2	14,1	13,5	14,3	13,4	12,8	13,9	12,0	11,6	11,3	10,7	10,5	9,4	9,1	9,1	8,0	8,2	8,3
17	17	15,5	14,8	16,2	15,0	14,2	15,3	14,3	13,6	15,1	13,0	12,5	12,5	11,7	11,4	10,8	10,2	10,1	9,5	9,5	9,4
18	18	16,3	15,5	17,3	15,7	15,0	16,4	15,2	14,4	16,2	14,0	13,3	13,7	12,7	12,4	11,9	11,3	11,1	10,8	10,5	10,4
19	19	17,2	16,3	18,4	16,6	15,7	17,5	16,1	15,3	17,4	14,9	14,2	15,0	13,8	13,4	13,3	12,4	12,1	12,2	11,7	11,4
20	20	18,0	17,0	19,4	17,4	16,5	18,7	17,0	16,0	18,5	15,9	15,1	16,2	14,8	14,4	14,6	13,5	13,1	13,5	12,9	12,4
21	21	18,8	17,7	20,4	18,3	17,2	19,8	17,8	16,7	19,6	16,7	15,8	17,4	15,9	15,1	16,0	14,6	14,1	14,9	13,9	13,4
22	22	19,5	18,3	21,4	19,1	18,0	20,9	18,6	17,5	20,9	17,6	16,7	18,6	16,9	16,0	17,2	15,6	15,0	16,2	15,0	14,4
23	23	20,3	19,0	22,5	19,9	18,5	21,9	19,4	18,3	22,0	18,6	17,5	19,9	17,9	16,7	18,3	16,6	15,9	17,5	16,1	15,3
24	24	21,1	19,7	23,5	20,6	19,3	23,0	20,3	19,0	23,1	19,5	18,3	21,1	18,8	17,6	19,6	17,8	16,8	18,8	17,1	16,2
25	25	22,0	20,4	24,5	21,5	20,0	24,0	21,2	19,6	24,2	20,5	19,0	22,3	19,6	18,5	21,0	18,8	17,8	20,0	18,1	17,2
26	26	22,8	21,2	25,5	22,3	20,7	25,1	22,0	20,4	25,3	21,2	19,8	23,4	20,6	19,3	22,1	19,7	18,5	21,2	19,1	18,0
27	27	23,5	21,8	26,6	23,0	21,3	26,1	22,8	21,1	26,5	22,0	20,5	24,5	21,5	20,1	23,4	20,8	19,4	22,5	20,1	18,8
28	28	24,2	22,5	27,6	23,9	22,0	27,2	23,5	21,8	27,8	22,9	21,2	25,7	22,4	20,8	24,5	21,6	20,2	23,6	21,0	19,8
29	29	25,0	23,1	28,6	24,6	22,6	28,2	24,3	22,4	28,8	23,6	21,9	26,8	23,3	21,5	25,9	22,5	21,0	24,9	21,9	20,5
30	30	25,8	23,6	29,6	25,4	23,6	29,3	25,2	23,1	29,8	24,5	22,5	28,1	24,1	22,2	27,1	23,4	21,7	26,3	22,8	20,9

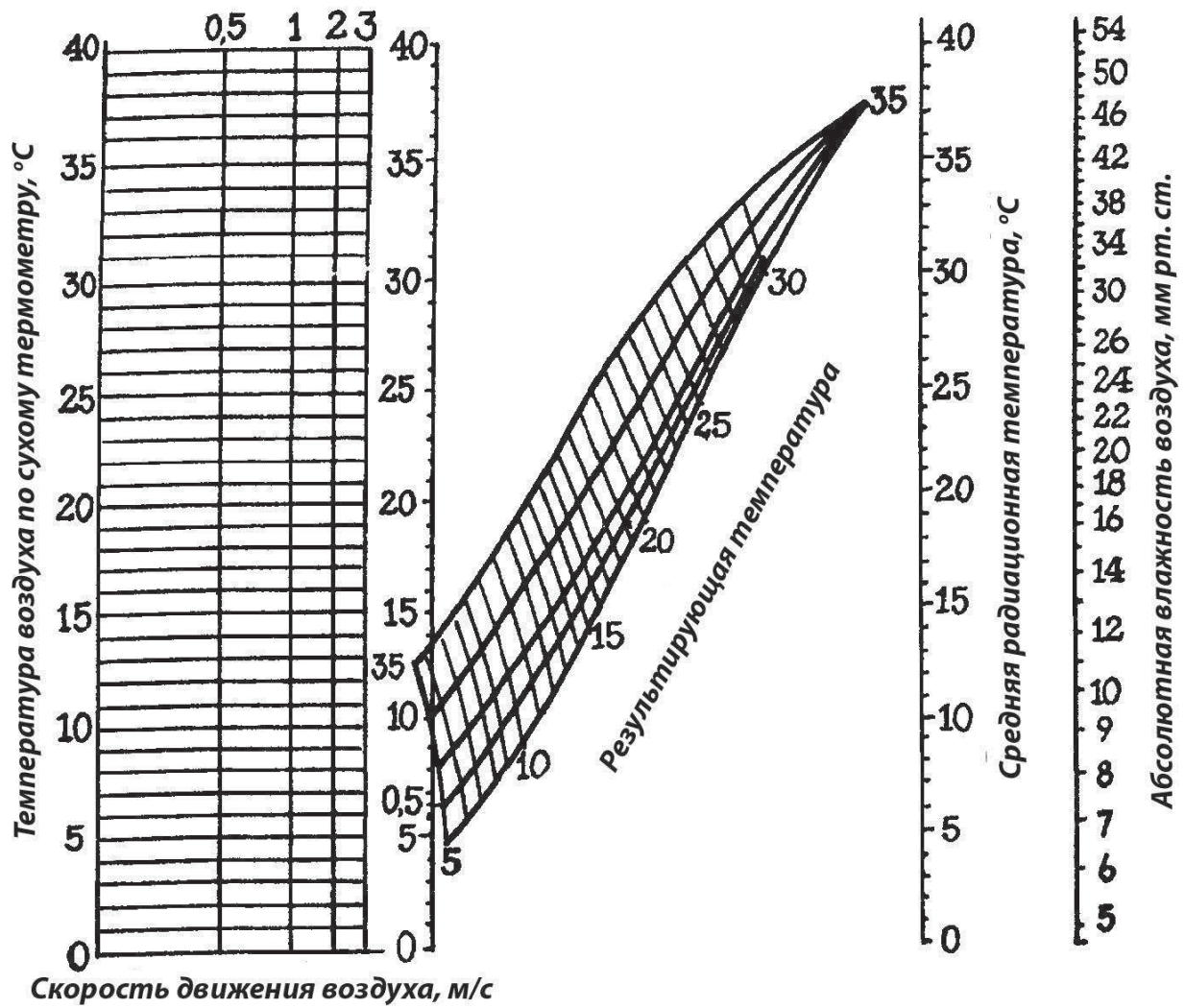
Приложение 9. Номограмма для определения эквивалентно-эффективных температур



**Приложение 10. Номограмма для определения результирующей температуры (для легкой работы)**



**Приложение 11. Номограмма для определения результирующей температуры (для тяжелой работы)**



**Приложение 12. Оптимальные величины РТ при различной  
деятельности человека**

№пп	Виды деятельности человека	Оптимальные значения °РТ
1.	Учебные помещения	18
2.	Общественные здания	16-17
3.	Плавательные бассейны, ванны, бани	21-22
4.	Палаты для больных	20-22
5.	Операционные	25-30
6.	Коридоры, лестницы, туалеты	12-15
7.	Промышленные помещения при:	
	- очень легкой работе	18
	- легкой работе	16 18
	- работе средней тяжести	14-16
	- тяжелой работе	10-13

### Приложение 13. Метеоскоп (инструкция для работы)

Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп» проводит измерения по 4 каналам: температура (Т) –  $-10 - +50^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность (RH) – 3-98%, скорость воздушного потока (V) – 0,1-20 м/сек, атмосферное давление (P) – 600-800 мм.рт.ст.; **при подключении сферы Вернона** (рис. 2) – ТНС-индекс –  $10-50^{\circ}\text{C}$ , интенсивность теплового облучения – 10-1000 Вт/м<sup>2</sup>.

1. Для измерения метеопараметров раздвинуть телескопический сенсометрический щуп (рис.1) и расположить его головку с сенсорами в месте измерения. Ориентация окна сенсора анемометра: выход потока – с той стороны, где окно сенсора влажности.
2. При измерениях ТНС-индекса время замера – не менее 20 мин.

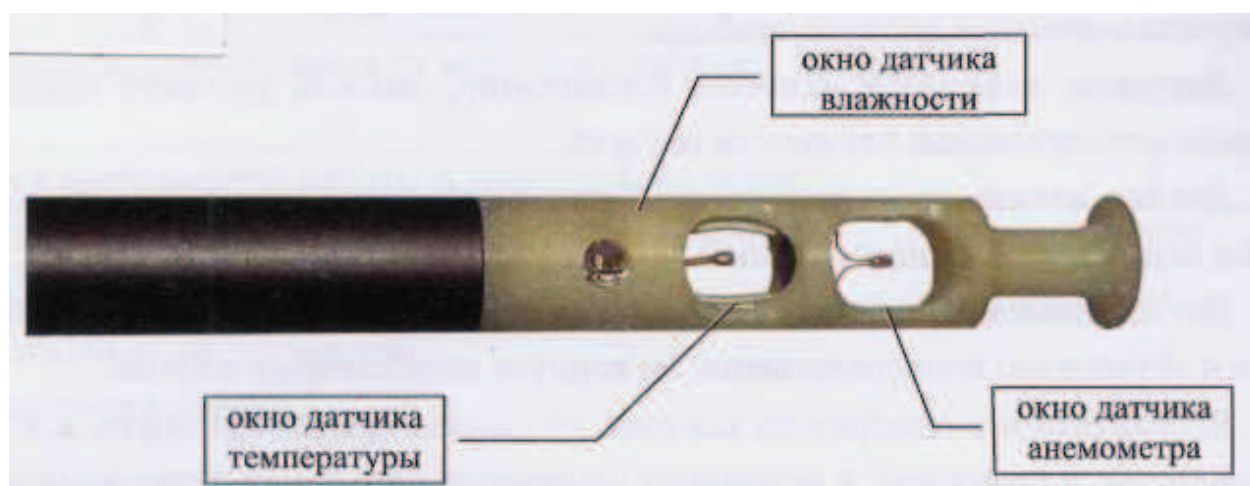


Рис. 1. Головка сенсометрического щупа

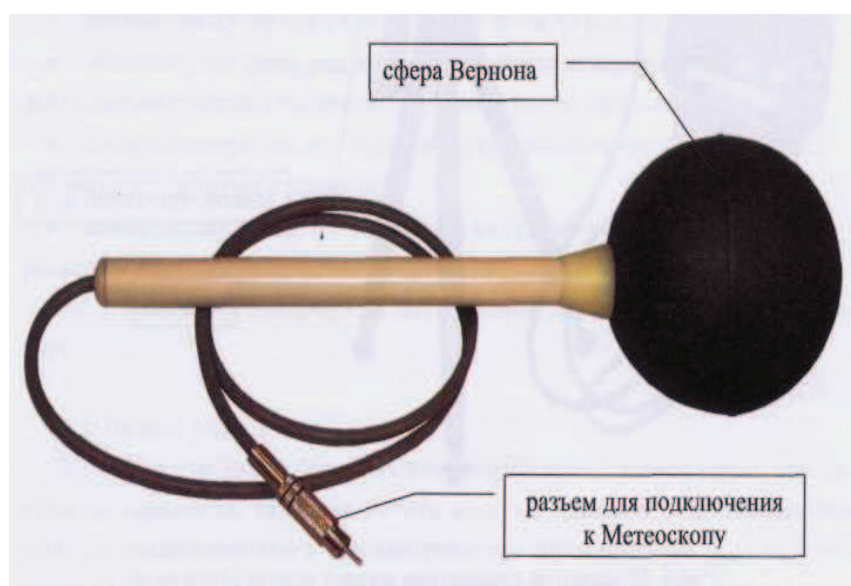


Рис. 2. Шаровой термометр (сфера Вернона)

3. При измерении интенсивности ИНФК излучения температурный сенсор должен быть защищен от радиации размещением сенсометрического щупа в «тени» шарового термометра (рис. 3).



*Рис. 3. Измеритель параметров микроклимата*

## Порядок работы

Расположение и назначение органов управления на панели Измерителя представлено на рисунке 4.

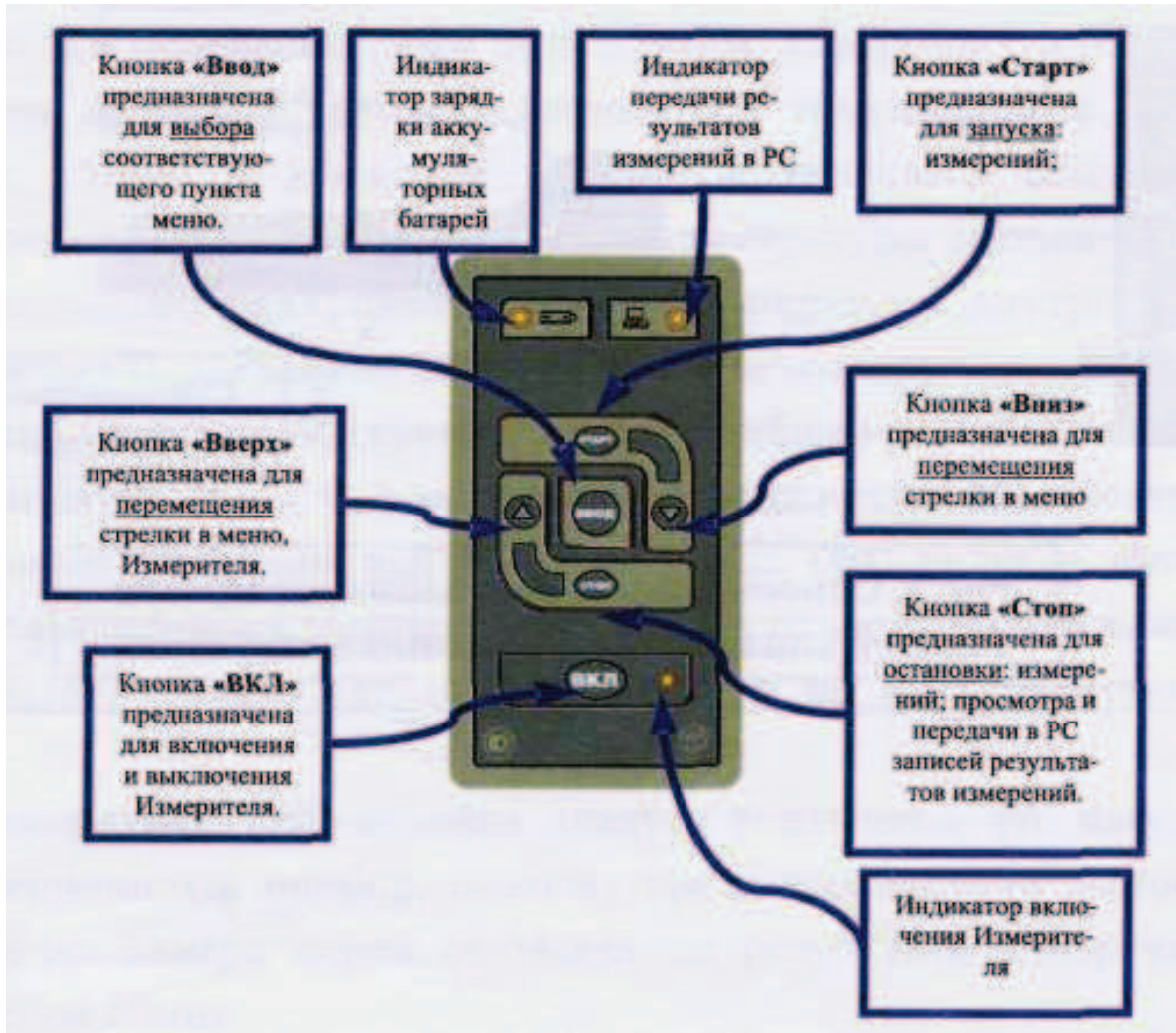


Рис. 4. Панель Измерителя параметров микроклимата

Меню Измерителя многоуровневое. Каждый пункт меню состоит из нескольких подпунктов, подпункты – из подпунктов следующего уровня. При работе в режиме меню экран Измерителя разделен на две части – левую, на которой отображается название активизированного пункта меню, и правую – с соответствующими пунктами меню следующего уровня. Вдоль границы между этими частями перемещается стрелка ►, указывающая на пункт, который можно активизировать.

Управление перемещением стрелки осуществляется кнопками ▲ или ▼. Работа в выбранном подпункте начинается при нажатии на кнопку «Ввод», возвращение на предыдущий уровень меню происходит при нажатии на кнопку «Стоп».







## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гигиена: учебник / Под ред. акад. РАМН Г.И. Румянцева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: "ГЭОТАР-Медиа", 2009. - 608 с.
2. Общая гигиена. Руководство к лабораторным занятиям: учебное пособие. Кича Д.И., Дрожжина Н.А., Фомина А.В. 2010. - 288 с.
3. Общая гигиена: учебное пособие. Большаков А.М., Маймулов В.Г., Акимова Е.И., Белова Л.В. и др. / Под ред. А.М. Большакова, В.Г. Маймулова. 2-е изд., перераб. и доп. 2009. – 832.
4. Гигиена и экология человека: учебник. Архангельский В.И., Кириллов В.Ф., М.: "ГЭОТАР - Медиа", 2013. - 176 с. (Серия "СПО").
5. Новиков В.С., Шанин В.Ю., Козлов К.Л. Гипоксия как типовой патологический процесс, его систематизация // Гипоксия. Адаптация, патогенез, клиника. - СПб, «Элби-СПб», 2002. - С.12-24.
6. Физиология человека. Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. В 3-х томах, М., «Мир», 1997 Т.2.
7. Патифизиология. Практикум /Под ред. Шанина В.Ю. СПб, «Питер», 2002.- 736 с.

### **Законодательные и нормативные акты:**

1. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.99.
2. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы". СанПиН 2.2.4.548-96.
3. «Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений». МУК 4.3.2756-10.
4. «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» СанПиН 2.1.2.2645-10.
5. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» ГОСТ 30494-2011.
6. «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» СП 60.13330.2016.
7. «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» СанПиН 2.1.3.2630-10.
8. «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях» СанПиН 2.4.2.2821-10.
9. «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы дошкольных образовательных организаций» СанПиН 2.4.1.3049-13.