

УДК 551.582(571.6)

ОЦЕНКА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОДЕЖДЫ ЧЕЛОВЕКА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

© 2012 Е.А. Григорьева

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан

Поступила в редакцию 04.10.2012

Проведена оценка влияния климата на термический режим организма человека в зависимости от изоляционных свойств одежды, необходимой для достижения теплового комфорта. Рассчитаны максимальные, минимальные и средние величины теплового сопротивления одежды по методикам, основанным на уравнении теплового баланса тела человека, в зимний и переходные сезоны года для населенных пунктов на Дальнем Востоке России.

Ключевые слова: *изоляционные свойства одежды, климатическая комфортность, муссонный климат, Дальний Восток*

Тепловое состояние человека определяется его физиологическими показателями, физической нагрузкой, теплозащитными свойствами одежды и комплексом метеорологических факторов, такими как температура и влажность воздуха, скорость ветра, атмосферное давление, солнечная радиация и др., оптимальное сочетание которых понимается как зона теплового комфорта. Используется несколько трактовок теплового комфорта, из которых наиболее приемлемым является его определение как «комплекса метеорологических условий, при котором терморегуляторная система организма находится в состоянии наименьшего напряжения» [6]. Достижение теплового комфорта зависит от трёх групп факторов – физиологического состояния организма, условий окружающей среды и одежды с соответствующей термоизоляцией [7-9]. Под факторами окружающей среды при этом понимаются такие температура и влажность воздуха, скорость ветра и солнечная радиация, при которых человек имеет субъективно хорошее теплоощущение и сохраняет нормальную температуру тела без признаков охлаждения или перегрева [2].

Оптимальными значениями параметров, при которых возникает минимум метеопатических реакций, является температура 18°C, изменение давления 0 мб/сут, относительная влажность 50%, скорость ветра 0 м/с, облачность 0 б. Границы зоны комфорта определяются как эквивалентно-эффективная температура в пределах 17,3-21,7°C (для обнажённого человека) и 16,7-20,6°C (для одетого в костюм или шерстяное платье) [2]. Все сказанное относится только к «среднему» человеку [3, 9]. В реальности эти величины могут значительно отклоняться, а около 5% человек могут испытывать в таких условиях даже дискомфорт [9]. Состояние теплового равновесия зависит и от множества других факторов, таких как возраст и пол

человека, место жительства, различия в культурных и национальных особенностях, состояние здоровья индивидуума, степень акклиматизации, сезон года и другие [2, 9]. Обычно человек использует несколько способов, а чаще их различные комбинации, для достижения состояния теплового комфорта [7]. Прежде всего, он может переместиться в другой регион с подходящими климатическими условиями; во-вторых, может изменить микроклиматические характеристики в помещении. Возможный путь достижения теплового равновесия – это изменение метаболической активности, в первую очередь за счёт совершения мышечной работы разной степени тяжести. Во многих ситуациях при неравновесном состоянии системы «тело человека – окружающая среда» обеспечение теплового комфорта достигается подбором одежды с соответствующими изоляционными свойствами.

Для оценки теплового сопротивления одежды используются методы, основанные на уравнении теплового баланса тела человека с учетом метеорологических факторов (температуры и влажности воздуха, скорости ветра, режима радиации), физиологических особенностей человека, характеризующих деятельность механизмов терморегуляции организма, физической нагрузки и теплоизоляции одежды. При этом для количественной характеристики теплозащитных свойств одежды и её тканей как показатель теплоизоляции используется специальная единица кло, которая на основании расчетов и экспериментов равна 0,18°C м²час ккал⁻¹, или 0,155°C м² Вт⁻¹ [10]. Например, тепловое сопротивление обычного делового костюма равно одному кло, а комплект зимней одежды – выше 3 кло [6, 8].

Решение уравнения теплового баланса с учетом его основных составляющих позволяет оценить влияние климатических условий на состояние человека в величинах термического сопротивления одежды. Таким образом, величина теплоизоляционных свойств одежды, обеспечивающей комфорт,

Григорьева Елена Анатольевна, кандидат биологических наук, ученый секретарь. E-mail: eagrigo@yandex.ru

зависит от климатических условий изучаемой местности и, в свою очередь, используется для комплексной характеристики погодных особенностей данной территории. В мире применяется несколько методов оценки термического сопротивления одежды, разработанных независимо друг от друга на основе моделей теплового баланса тела человека с учётом метеорологических показателей. В России хорошо известны метод расчета энергетического баланса тела человека, разработанный М.И. Будыко и Г.В. Циценко [4], и метод теплового баланса Б.А. Айзенштата [1]. На основе первого метода Т.Н. Лиопо и Г.В. Циценко [6] предложили методику расчета теплоизоляции одежды, обеспечивающей определенное тепловое состояние, в первую очередь теплового комфорта, при заданных метеорологических факторах. Прежде всего, согласно уравнению теплового баланса, при увеличении скорости ветра теплоизоляция одежды, обеспечивающей тепловой комфорт, должна возрастать. Важно также отметить, что для оценки радиационного режима используются данные по суммарной радиации, поэтому расчеты можно проводить только для гидрометеорологических станций (ГМС), на которых осуществляются наблюдения за солнечной радиацией.

В отличие от первого метода, Айзенштат [1] изучал тепловой режим обнаженного человека: окружающая среда рассматривалась им с точки зрения ее охлаждающей способности или же способности сообщать организму тепло без учета влияния одежды, при этом типы одежды с определенными теплоизоляционными свойствами оценивались по соответствующим грациям потери тепла организмом. Этот метод был разработан для условий Средней Азии, и, по оценкам некоторых ученых, не пригоден для районов с умеренным и холодным климатом и для районов, отличающихся высокой влажностью. В связи с этим из российских моделей нами использовалась только первая. Существует также немалое количество зарубежных аналогов, в основе многих из них лежит уравнение теплового баланса тела человека, предложенное А. Бартоном и О. Эдхолмом [3]. Используя эту модель, Auliciems и de Freitas [7], а затем de Freitas [8] для оценки теплоизоляционных свойств одежды разработали методику, включающую метеорологические показатели (температура воздуха, скорость ветра, облачность) и степень физической нагрузки. В отличие от российских моделей, в этом аналоге скорость ветра учитывается как фактор, уменьшающий тепловое сопротивление одежды, при этом уменьшение менее значимо при усилении ветра. В то же время, данная модель позволяет проводить расчеты для всех ГМС, так как радиационный режим оценивается по баллам облачности.

Цель работы: оценить изоляционные свойства одежды для характеристики теплового состояния человека в климатических условиях Дальнего Востока и, применяя при этом несколько методик, сравнить их, предложив наиболее пригодную для использования в регионах с муссонным климатом.

Материалы и методы. Нами выполнена оценка теплоизоляционных свойств одежды для населенных пунктов, находящихся на Дальнем Востоке России. Климат территории характеризуется высоким индексом континентальности, что выражается в экстремальности биоклиматических показателей. Зимой человек находится в очень суровых климатических условиях, характеризующихся низкими температурами воздуха. В летний период дискомфортность в муссонном климате Дальнего Востока определяется в первую очередь неблагоприятным сочетанием высоких температур воздуха и высоких значений относительной влажности, создающих неприятное ощущение душности [5]. Для сравнения двух моделей-аналогов были рассчитаны величины теплового сопротивления одежды по российской методике Лиопо и Циценко [6] и по зарубежной методике, предложенной de Freitas [8]. Использовались климатические данные по средней минимальной, средней максимальной и средней температуре воздуха, скорости ветра и облачности в холодное время года для 90 ГМС в Магаданской области и Чукотке, Хабаровском и Приморском краях, Еврейской автономной и Амурской областях. Данные по суммарной радиации для расчета по российской модели имеются только для 21 из них. Для определения осредненных характеристик свойств одежды использовались средние климатические условия; максимально необходимая теплоизоляция рассчитывалась по средней минимальной температуре, и минимальная – по средней максимальной температуре. Применение оригинальной методики расчета для стандартного «среднего» человека, выполняющего легкую работу при уровне метаболизма равном 116 Вт м^{-2} [8], позволяет получать минимальные и максимальные величины термических свойств одежды, необходимых для достижения теплового комфорта.

Результаты и обсуждение. Определены теплозащитные свойства одежды, необходимой для создания комфортного теплового состояния человека, находящегося в легком физическом напряжении, для зимнего и переходных сезонов года. Как показали расчеты, основное расхождение между двумя подходами выявляется для зимнего периода. По российской методике в январе при средних климатических условиях тепловое сопротивление одежды изменяется от 3,9 до 6,3 кло, что существенно больше величин, полученных при расчетах по зарубежной методике (от 2,9 до 4,9 кло соответственно). Внутрисуточные колебания теплозащитных свойств одежды практически одинаковы по обоим методикам. В ночное время при усилении суровости термического воздействия выявлена необходимость повышения теплозащитных свойств одежды на 0,4-1,0 кло. Днем при максимальных температурах и минимальном ветровом напряжении возможно уменьшение теплозащиты на 0,5-1,3 кло, причем максимальное увеличение характерно для южных регионов. Разница между минимальными и максимальными значениями составляет 1,0-1,7 кло. Для переходных сезонов (апрель, октябрь) расчеты по разным методикам приводят к

практически одинаковым результатам. В связи с более высоким температурным фоном теплозащитные свойства одежды уменьшаются, при этом максимальные средние значения на севере терри-

тории, на Чукотке, соответствуют утепленной зимней одежде, а минимальные средние на юге, в Приморском крае – деловому костюму.

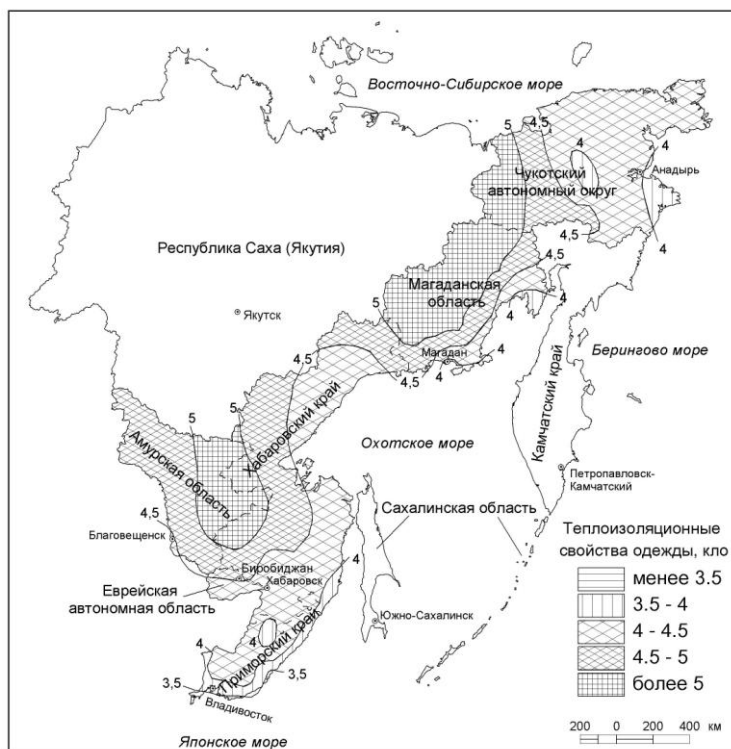


Рис. 1. Средние максимальные (ночь) значения теплоизоляционных свойств одежды в январе для Дальнего Востока России при выполнении легкой работы (уровень метаболизма 116 Вт м^{-2}), рассчитанные по методике de Freitas [8]

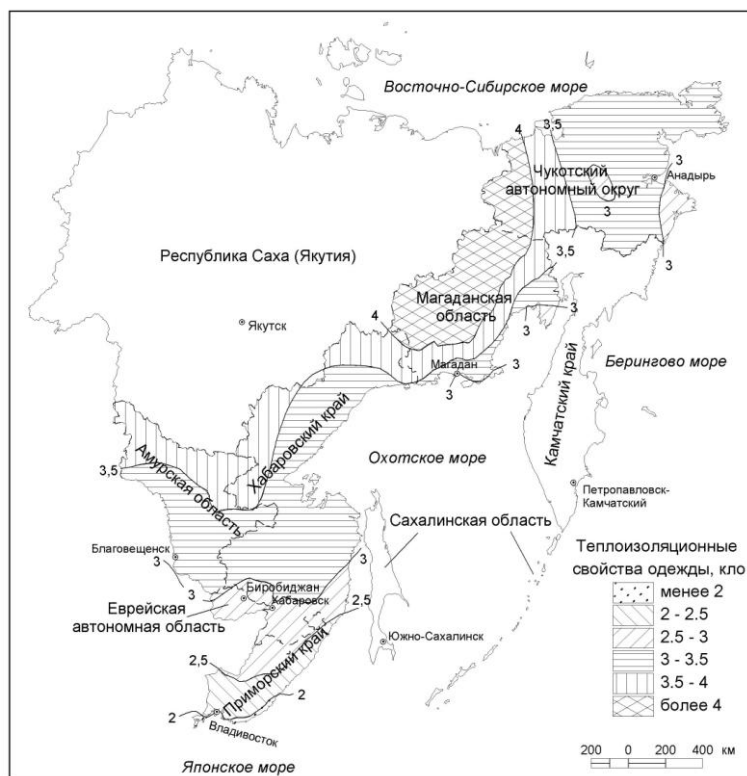


Рис. 2. Средние минимальные (день) значения теплоизоляционных свойств одежды в январе для Дальнего Востока России при выполнении легкой работы (уровень метаболизма 116 Вт м^{-2}), рассчитанные по методике de Freitas [8]

Как показали расчеты по зарубежной методике, в январе в ночное время при максимальной суровости термического воздействия тепловое сопротивление одежды изменяется от 4,0 (зимнее пальто) до 5,2 (арктическая одежда) кло (рис. 1). Днем при максимальных температурах и минимальном ветровом напряжении возможно уменьшение теплозащиты до 2,7-3,4 кло, причем максимальное увеличение характерно для южных регионов (рис. 2). В переходные сезоны (апрель, октябрь) в связи с более высоким температурным фоном теплозащитные свойства одежды уменьшаются. Сравнение полученных значений теплоизоляционных свойств одежды показало, что они достаточно хорошо согласуются с расчетами, проведенными для сопредельной территории Китайской народной республики [8], соприкасающейся с исследуемым регионом в южной его части.

Таким образом, основные расхождения в оценках теплоизоляционных свойств одежды при расчетах по двум методикам – российской и зарубежной – проявляются для холодного периода. Дальнейшие исследования позволят выявить, является ли это следствием переоценок по российской методике, или недоучета по зарубежной, вследствие, прежде всего, недооценки ветрового воздействия. Возможно, это связано с тем, что за рубежом используется одежда с высокими ветроизоляционными свойствами.

Выводы: используемый подход позволяет получить достаточно обобщенную биоклиматическую информацию, которая может представлять интерес для прикладных исследований, в первую очередь при оценке термического воздействия окружающей среды на человека, при оценке климата для развития туристического сектора, для совершенствования организации медицинской помощи

населению; для сравнения с результатами расчетов, проведенных в других регионах, для выявления биоклиматических особенностей изучаемой территории по сравнению с другими климатами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Айзенштат, Б.А.* Методы расчета и результаты определений некоторых биоклиматических характеристик // Вопросы биометеорологии и актинометрии / Труды САНИГМИ. 1965. Вып. 22 (37). С. 3-41.
2. *Бокиа, В.Г.* Справочник по климатотерапии. – Киев: Здоровья, 1989. 206 с.
3. *Бартон, А.* Человек в условиях холода / *А. Бартон, О. Эдхолм.* – М.: изд-во Иностранной литературы, 1957. 333 с.
4. *Будыко, М.И.* Климатические факторы теплоощущения человека / *М.И. Будыко, Г.В. Циценко* // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1960. № 3. С. 3-11.
5. *Григорьева, Е.А.* Дискомфортность климата Еврейской автономной области / *Е.А. Григорьева, Н.К. Христофорова* // География и природные ресурсы. 2004. № 4. С. 101-104.
6. *Лиопо, Т.Н.* Климатические условия и тепловое состояние человека / *Т.Н. Лиопо, Г.В. Циценко.* – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1971. 151 с.
7. *Auliciems, A.* Cold Stress in Canada. A Human Climatic Classification / *A. Auliciems, C.R. de Freitas* // Int. J. Biometeor. 1976. Vol. 20, N 4. P. 287-294.
8. *De Freitas, C.R.* Human climates of Northern China // Atmospheric Environment. 1979. Vol. 13. P. 71-77.
9. *Fanger, P.O.* Thermal comfort. Analysis and applications of environmental engineering. – New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1972. 244 p.
10. *Gagge, A.P.* A practical system of units for the description of the heat exchange of man with his environment / *A.P. Gagge, A.C. Burton, H.C. Bazett* // Science. 1941. Vol. 94. P. 428-430.

ESTIMATION OF THERMAL CLOTHING INSULATION AT THE RUSSIAN FAR EAST

© 2012 E.A. Grigoryeva

Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS, Birobidjan

To estimate relations between atmospheric environment and human health complex models of body-atmosphere energy exchanges in familiar terms of clothing, defined as insulation required for comfort, are used. They integrate thermal effects outdoors of air temperature, wind, humidity, solar radiation and level of activity. Monthly climate data for cities at the Russian Far East are used to identify thermal extremes that would be felt by townsmen walking slowly or engaged in light activity outdoors during autumn, winter and spring.

Key words: *clothing insulation, climate comfort, monsoon climate, Russian Far East*