На правах рукописи

ГРИГОРЬЕВА Елена Анатольевна

КЛИМАТ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Специальность 03.02.08 – Экология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

21 ДЕК 2016

006661613

Владивосток – 2016

Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ) и в федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИКАРП ДВО РАН)

Научные консультанты доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ
Христофорова Надежда Константиновна

доктор медицинских наук, профессор,
Кику Павел Фёдорович

Официальные оппоненты: **Веремчук Людмила Васильевна**
доктор биологических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории медицинской экологии и рекреационных ресурсов Владивостокского филиала Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания СО РАМН – НИИ Медицинской климатологии и восстановительного лечения

Ревич Борис Александрович
доктор медицинских наук, профессор,
заведующий лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Сухова Мария Геннадьевна
доктор географических наук, доцент,
проректор по научной и инновационной деятельности Горно-Алтайского государственного университета

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (ИГ СО РАН), г. Иркутск

Защита состоится «28» февраля 2017 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.056.02 на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» по адресу: 690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, кампус ДВФУ, корпус 24 (А), 11 уровень, зал заседаний диссертационных советов.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, кампус ДВФУ, корпус 20, каб. В729, Диссертационный совет Д 212.056.02 E-mail: marineecology@rambler.ru, dissovet-ecologydvfu@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Дальневосточного федерального университета (ДВФУ) (г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, кампус ДВФУ, корпус 24 (А), 10 уровень), а также на сайте ДВФУ: http://www.dvfu.ru/science/dissertation-tips/the-thesis/index.php

Автореферат разослан «07» декабря 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.056.02
кандидат биологических наук Е.В. Журавель

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Происходящие в экосистемах процессы многогранны и взаимообусловлены. Получение знаний о взаимодействии человека с окружающей средой, как на индивидуальном, так и на популяционном уровне, и исследование влияния на него условий обитания составляют важнейшую задачу экологии человека. Здоровье человека, его самочувствие и физическая активность, нормальная жизнедеятельность зависят от большого количества воздействующих на него взаимосвязанных факторов, в том числе природных, к которым он должен адаптироваться (работы Н.А. Агаджаняна, А.Г. Воронова, П.Ф. Кику, Ю.П. Лисицина, С.В. Ряшенко, Н.К. Христофоровой и др.). Согласно выводам Всемирной организации здравоохранения[1], ведущая роль в формировании физического и психического здоровья населения признается за социально-экономическими условиями, но пространственно они относительно однородны, тогда как природные экологические факторы имеют различия даже на близких территориях. Следовательно, для оценки экологической ситуации и отклика на неё организмов необходимо выяснить воздействие природных факторов среды, и их климатическая составляющая является первостепенной (работы В.Р. Эккарда, К. Бюттнера, Ю. Одума, А.Д. Слонима, А.А. Исаева, С.В. Тромпа и др.).

Актуальность данной работы определяется необходимостью выявления причинно-следственных связей между климатом и погодой, с одной стороны, и жизнедеятельностью человека – с другой, на основе комплексного анализа условий существования для предупреждения и профилактики климатозависимых заболеваний.

Несмотря на большое количество публикаций российских и иностранных авторов, посвященных изучению различных аспектов причинно-следственных связей в системе «Климат и погода – Жизнедеятельность человека», наименее освещёнными остаются вопросы климатической комфортности в условиях континентального муссонного климата, отдельных аспектов её сезонной изменчивости и адаптации к ним. Имеются работы, посвящённые биоклиматическим особенностям отдельных территорий Дальнего Востока, акклиматизации, а также воздействию климата на здоровье человека[2]. Однако в современных условиях необходимы исследования, направленные на выявление общих закономерностей этого воздействия и позволяющие расширить научные представления по данному вопросу. В частности, нуждается в изучении на принципах комплексного системного подхода проблема влияния на человека континентального муссонного климата Дальнего Востока на территориях разных иерархических уровней; акклиматизационных аспектов межсезонных, внутрисезонных и экстремальных изменений погодного режима и межрегиональных климатических контрастов.

Для формализации описания интегрального воздействия факторов, определяющих уровень тепловой нагрузки погоды и климата в целом на организм человека или риск для его здоровья, используют комплексные биоклиматические индексы, полученные на основе параллельных метеорологических и физиологических наблюдений. Целью большинства из них является определение тепловых ощущений, возникающих у человека под влиянием тех или иных метеофакторов при различной физической нагрузке и в одежде с разными теплозащитными свойствами. Известно немало попыток упорядочить огромное количество индексов[3]. Тем

---

[1] Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors / M. Ezzati, A.D. Lopez, A. Rodgers and C.J.L. Murray (eds.). Vol. 1. Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors. Geneva: World Health Organization, 2004. 1175 p.

[2] Матюхин В.А. Биоклиматология человека в условиях муссонов. Л. : Наука, 1971. 136 с.; Кривоборская А.А. Природно-экономический потенциал зоны БАМ. Новосибирск : Наука, 1987. 78 с.; Деркачёва Л.Н., Русанов В.И. Климат Приморского края и его влияние на жизнедеятельность человека. Владивосток : ДВО АН СССР, 1990. 136 с.; Могавкина Н.С., Косолапов А.Б., Деркачева Л.Н. Медико-географические аспекты распространения бронхолегочной патологии на Дальнем Востоке. Владивосток : ДВО АН СССР, 1991.128 с.; Деркачёва Л.Н. Медико-климатические условия Дальнего Востока и их влияние на респираторную систему // Бюлл. физиол. и патол. дыхания. 2000. Вып. 6. С. 51–54; Косолапов А.Б. Лимитирующие факторы туризма. Владивосток : Изд-во ДВГАЭУ, 2000. 156 с.; Веремчук Л.В., Иванов Е.М., Кику П.Ф. Среда обитания и заболеваемость органов дыхания в Приморском крае. Владивосток : Дальнаука, 2008. 218 с.; Максимов А.Л., Белкин В.Ш. Биомедицинские и климатоэкологические аспекты районирования территорий с экстремальными условиями среды проживания // Вестник ДВО РАН. 2005. № 3. С. 28–39.

[3] Романова Е.Н., Гобарова Е.О., Жильцова Е.Л. Методы использования систематизированной климатической и микроклиматической информации при развитии и совершенствовании градостроительных концепций. СПб. : Гидрометеоиздат, 2000. 160 с.; Исаев А.А. Экологическая климатология. М. : Научный мир, 2003. 472 с.; Parsons K.

не менее, все они характеризуются смешением показателей и критериев, используемых для выделения классов; многие индексы или пропущены, или вообще не могут быть включены ни в одну из категорий, поэтому ни одну из этих классификаций нельзя назвать полной. Следовательно, представляется необходимым создание новой классификации биоклиматических индексов, охватывающей все из них и позволяющей ориентироваться в выборе адекватных методов для биоклиматической оценки территории в зависимости от поставленных научных теоретических и практических задач.

Для реальной оценки термического влияния окружающей среды на здоровье человека важно учитывать региональные особенности изменения минимальных и максимальных температур приземного воздуха, так как именно они отражают степень температурной комфортности климата[4]; исследовать циклические изменения температурного режима во всём тепловом диапазоне с определением тенденций регулярных (квазипериодических) колебаний, выявлением «оптимальной» температуры, при которой негативное воздействие на здоровье минимально.

Кроме того, актуальными и не изученными для континентального муссонного климата являются периоды прохождения волн тепла или холода и связанные с ними резкие скачки ежедневной смертности, когда наблюдается чрезмерное напряжение терморегуляции организма, возникает повышенный риск заболеваемости и смертности, особенно от заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем[5]. Общепризнанного критерия для выделения волн нет, и определение понятия экстремально высоких температур, которые характерны не только для каждого района, но даже для отдельных местностей, имеет большое значение для Дальнего Востока России.

Методологической и теоретической основой исследования явились фундаментальные разработки отечественных и зарубежных учёных по биоклиматологии, прикладной климатологии, медицинской географии, экологии (работы П.Г. Мезерницкого, Л.А. Чубукова, М.И. Будыко, Н.А. Даниловой, К.Я. Кондратьева, Б.А. Айзенштата, Д. Ассмана, К. Бютнера, А. Бартона, О. Эдхолма, В.Г. Бокши, Н.М. Воронина, А.П. Авцына, Е.М. Ратнера, В.И. Русанова, Б.А. Ревича, А.А. Исаева, Л.Б. Башалхановой; К.И. Уинслоу (C.E.A. Winslow), Л.П. Херрингтона (L.P. Herrington), А.П. Гаги (A.P. Gagge), П.О. Фэнгера (P.O. Fanger), С.В, Тромпа (S.W. Tromp), Р.Г. Стедмана (R.G. Steadman), Г. Джендрицкого (G. Jendritzky), К.Р. де Фрейтаса (C.R. de Freitas), Л.С. Калькстейна (L.S. Kalkstein), К. Блажечика (K. Blazejczyk), др.); адаптации и акклиматизации (Ф.З. Меерсона, И.Ф.Адольфа (E.F. Adolph), В.П. Казначеева, А.Д. Слонима, Н.А. Агаджаняна, И.С. Кандрора, А.Г. Марачева, В.Г. Евдокимова, Г.С. Шишкина, Т.В. Козыревой, М.А. Якименко, О.В. Гришина, и др.). Использован также опыт предшествующих авторов, занимавшихся экологией, прикладной климатологией и обобщением биоклиматического материала в дальневосточном регионе, проблемами воздействия муссонного климата на человека и адаптации к его особенностям (А.А. Заниной, Г.Н. Витвицкого, В.А. Матюхина, Л.Г. Манакова, А.Н. Разумова, Е.С. Петрова, В.Г. Туркеня, В.П. Тунеголовца, М.Т. Луценко, С.С. Целуйко, А.Г. Приходько, Ю.М. Перельмана, В.П. Колосова, Е.М. Иванова, Н.К. Христофоровой, А.Л. Максимова, Л.Н. Деркачёвой, П.Ф. Кику, Л.В. Веремчук, и др.).

Цель исследования: разработать методические подходы к оценке закономерностей влияния климатических условий на жизнедеятельность человека (на примере Дальнего Востока России).

Задачи исследования:

1. Разработать классификацию биоклиматических индексов, отобрать наиболее адекватные для характеристики биоклимата человека на Дальнем Востоке.

Human Thermal Environments – The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance. London : Taylor and Francis, 2003; Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / под ред. д-ра геогр. наук, проф. Кобышевой Н.В. СПб. : ГГО им. А.И. Воейкова, 2008. 336 с.; Трубина М.А. Методы биоклиматической оценки Северо-Западного региона России // Учёные записки РГГМУ. 2010. № 13. С. 121–137.

[4] Напрасников А.Т. Гидролого-климатический подход к оценке комфортности геосистем как среды обитания человека // География и природные ресурсы. 2004. № 4. С. 134–141.

[5] Robinson P.J. On the definition of a heat wave // J. Appl. Meteorol. 2001. Vol. 40. P. 762–775; Basagaña X., Sartini C., Barrera-Gómez J., [et al.] Heat waves and cause-specific mortality at all ages // Epidemiology. 2011. Vol. 22. P. 765–772; Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых регионах России // Проблемы прогнозирования. 2012. № 2. С. 122–139.

2. Определить степень адаптационного напряжения, вызываемого контрастностью климатических условий; разработать индекс акклиматизационной нагрузки для межрегиональных перемещений.

3. Установить закономерности воздействия муссонного климата Дальнего Востока на здоровье человека.

Научная новизна. Предложена классификация комплексных биоклиматических индексов, которая включает восемь классов индексов, различающихся по количеству учитываемых параметров, по сложности расчётной схемы и по использованию моделей теплового баланса тела человека.

Для континентальной части Дальнего Востока России выявлены общие и частные закономерности пространственной и сезонной динамики биоклиматических условий, определяющих дифференциацию теплового комфорта.

Разработан индекс акклиматизационной нагрузки для межрегиональных перемещений, позволяющий планировать передвижения по критерию минимума адаптационного напряжения с учётом маршрутов и времени года.

Впервые определены некоторые показатели популяционного здоровья населения континентальной части Дальнего Востока в летний сезон при прохождении волн тепла.

Практическая значимость. Теоретические положения и результаты исследования могут быть использованы при формировании планов социально-экономического развития территории и организации медико-экологического мониторинга. Они могут найти применение при разработке нормативных экологических показателей для зонирования и нормирования территории по природно-климатической дискомфортности. Схема функционирования системы предупреждения влияния экстремально высоких температур на здоровье человека является необходимой для своевременного оповещения населения и предупреждения угроз здоровью. Материалы могут быть использованы органами здравоохранения для совершенствования организации медицинской помощи населению; в учебной и научной работе преподавателей; при подготовке аспирантов, специализирующихся в области геоэкологии, географии, экологии и других естественнонаучных отраслей знания. Результаты исследования применялись при разработке и чтении лекционных курсов и проведении практических занятий по дисциплинам «Мониторинг окружающей среды», «Экология», «Медицинская география» для студентов Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Предложенная классификация биоклиматических индексов, отличающихся по набору предикторов и уровню сложности, позволяет сориентироваться в выборе адекватных методов для оценки условий среды обитания.

2. Многоуровневый подход при изучении комфортности климата позволяет провести интегральную оценку погодно-климатических условий и их воздействия на жизнедеятельность человека: фоновые характеристики на макроуровне дают возможность перейти к анализу на мезоуровне и детализации воздействия погоды на показатели популяционного здоровья на микроуровне.

3. Индекс акклиматизационной нагрузки на органы дыхания даёт возможность прогнозировать степень адаптационного напряжения организма человека не только при перемещении между климатически контрастными регионами, но и при межсезонном изменении погоды.

4. Установленные закономерности влияния погоды на показатели популяционного здоровья позволят повысить эффективность предупредительного и текущего медико-экологического контроля для минимизации потерь населения.

Личный вклад автора. Автором разработана программа исследований, осуществлено планирование и организация работы по всем разделам диссертации: основная идея работы, постановка задач исследования и выбор методик для их решения. Доля участия автора в накоплении материала составляет 80 %. Анализ и обобщение результатов выполнены автором лично в полном объеме – 100 %.

Репрезентативность работы обеспечена выбором методологических подходов и комплексностью теоретических разработок; использованием современных научных методов исследования; применением современных, апробированных на практике средств сбора и обработки информации и программных продуктов; объемом, содержанием и глубиной

информационной базы проведенного исследования, построенного на первичных данных работы Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, ВНИИГМИ – МЦД и показателях медицинской статистики.

Апробация работы. Основные результаты и положения работы представлялись и обсуждались на российских и международных конференциях, а также на научных семинарах кафедры экологии Дальневосточного федерального университета. Устные доклады сделаны на 19 международных конференциях за рубежом: конгрессах Международного биометеорологического общества (Гармиш-Партенкирхен, Германия, 2005, Токио, Япония, 2008, Оклеид, Новая Зеландия, 2011, Кливленд, США, 2014); Третьем рабочем совещании «Климат, туризм и рекреация», Александрополис, Греция, 2007; Второй международной научно-технической конференции «Окружающая природная среда – 2007», Одесса, Украина, 2007; 7 Международной конференции по биометеорологии, Фрайбург, Германия, 2010; Международной конференции по проблемам изменения климата, Брисбен, Австралия, 2010; Генеральной ассамблее Европейского совета по геонаукам, Вена, Австрия, 2011; Ежегодных конференциях Ассоциации американских географов, США (Нью-Йорк, 2012, Лос-Анджелес, 2013, Тампа, 2014, Чикаго, 2015, Сан-Франциско, 2016); конференциях Всемирного географического союза: 32 Международном конгрессе географов (Кёльн, Германия, 2012) и Ежегодных региональных конференциях (Киото, Япония, 2013 и Москва, Россия, 2015); Четвертой международной конференции «Климат, туризм и рекреация», Стамбул, Турция, 2015; Международном симпозиуме «Глобальные проблемы здоровья в Азии», Тэджон, Южная Корея, 2015.

Работа выполнена в рамках НИР ИКАРП ДВО РАН «Анализ состояний, тенденций и перспектив освоения геосистем Приамурья и смежных районов» (№ГР 01201355726), «Исследование состояния и динамики геосистем юга Дальнего Востока России» (№ГР 01201257101), «Анализ тенденций и моделирование развития социально-экономической системы региона в условиях глобализации (на примере Еврейской автономной области)» (№ГР 01201457185). Исследования по теме диссертации были поддержаны ДВО РАН: проекты 2002, 2004, 2005, 2006–2008, 2009–2011 гг., в которых автор был руководителем. Автор был также руководителем грантов, поддержанных Немецкой службой академических обменов для стажировки в университете г. Фрайбург, Германия, 2011 (июль); Программой Фулбрайт по обмену ученых для стажировки в университете г. Майами, США, 2012 (февраль – июль); руководителем с российской стороны международного российско-американского проекта RUG1-7062-BB-12, поддержанного Грантом фонда CRDF и ДВО РАН, 2012–2014 гг.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 56 научных работ, в том числе 32 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах из списка ВАК РФ, из них 8 статей в научных журналах, включённых в международные базы данных.

Соответствие паспорту научной специальности. Диссертация соответствует паспорту специальности 03.02.08 – Экология (биологические науки) в пункте «Экология человека – изучение общих законов взаимодействия человека и биосферы, исследование влияния условий среды обитания на людей (на уровне индивидуума и популяции)».

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 301 странице, состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы (786 источников, в том числе 428 иностранных) и 14 Приложений. Работа содержит 27 таблиц, 49 рисунков.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность за критические замечания и неоценимую помощь на всех этапах работы научному консультанту доктору биологических наук, профессору кафедры экологии ДВФУ Н.К. Христофоровой; благодарность за помощь, рекомендации и замечания научному консультанту д-ру мед. наук, профессору П.Ф. Кику; сотрудникам ИКАРП ДВО РАН: чл.-кор. РАН д-ру биол. наук Е.Я. Фрисману, канд. геогр. наук Т.М. Комаровой, канд. геогр. наук Д.М. Фетисову, К.В. Шлюфману, А.В. Досовой; сотрудникам ИВЭП ДВО РАН: д-ру геогр. наук З.Г. Мирзехановой, д-ру биол. наук Н.А. Рябинину, канд. геогр. наук Е.М. Климиной; сотруднику ФГБУ «Дальневосточное УГМС» Н.Я. Чичик; доценту кафедры сервиса и туризма ДВФУ канд. геогр. наук Л.Н. Деркачевой; студенту Берлинского технического университета А.С. Григорьеву. Особую благодарность автор выражает своим зарубежным коллегам профессорам К.Р. де Фрейтасу (C.R. de Freitas), Новая Зеландия; Л.С. Калькстейну (L.S. Kalkstein), США; А. Мацаракису (A. Matzarakis), Германия, за совместное проведение исследований и обсуждение результатов работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Климат как экологический фактор жизнедеятельности человека (*обзор литературы*)

В этой главе раскрыто понятие жизнедеятельности человека применительно к экологическому восприятию как совокупность жизненных отправлений, которые составляют деятельность организма, направленную на поддержание жизни, являются проявлениями жизни и протекают при постоянном и непосредственном контакте с окружающей средой[6]. Рассмотрено влияние погоды и климата на человека и его здоровье (работы Н.М. Воронина, Б.Б. Койранского, Г.М. Данишевского, А.А. Исаева, и др.). Анализ многочисленных исследований выявил основные причины изменения климата, его глобальные проявления и региональные особенности на территории Дальнего Востока России на современном этапе (работы М.И Будыко, К.Я. Кондратьева, Ю.А. Израэля, Г.В. Грузы, Э.Я. Раньковой, Е.С. Петрова, П.В. Новороцкого, М.И. Манна (M.E. Mann), Ю.П. Переведенцева). Рассмотрены такие понятия и термины физиологии человека, широко используемые в биоклиматологии, как тепловой баланс и температура тела человека (работы П.И. Гуменера, К.П. Иванова, Е.В. Майстраха, В.С. Кощеева, И.С. Кандрора, А.Б. Айзенштата, М.И. Будыко, Р.Ф. Афанасьевой, К.И.А. Уинслоу (C.E.A. Winslow), Л.П. Херрингтона (L.P. Herrington), А.П. Гаги (A.P. Gagge), С.В. Тромпа (S.W. Tromp), Р.Г. Стедмана (R.G. Steadman), Г. Джендрицкого (G. Jendritzky) и др.). Критически проанализированы классификации тепловых состояний человека и критерии их оценки, определения теплового комфорта (работы В.И. Кричагина, И.С. Кандрора, А.Н. Ажаева, В.И. Русанова, П.О. Фэнгера (P.O. Fanger), В.Г. Бокши и др.). Описаны основные фазы акклиматизации, показаны особенности акклиматизации организма к холоду и теплу (работы И.Ф. Адольфа (E.F. Adolph), Р. Дюбо (R. Dubos), П.Т. Бэйкера (P.T. Baker), Д.С. Вейнера (J.S. Weiner), Ф.З. Меерсона, А.Д. Слонима, А.П. Авцына, В.П. Казначеева, Н.А. Агаджаняна).

Таким образом, осуществлён анализ и обобщение научной литературы по современному состоянию проблемы, критически отобраны термины и понятия, связанные с экологической оценкой климатической составляющей окружающей среды. Сделан вывод, что проведённые ранее исследования не позволяют увидеть целостной картины интегрального воздействия биоклиматических условий на жизнедеятельность человека и выявить среди них приоритетные для Дальнего Востока, что и побудило нас к выполнению данной работы и разработке универсальной методики исследования комплексного влияния метеофакторов на жизнедеятельность человека.

Глава 2. Район работ, материалы и методы исследования

Район работ. Расчёты пространственно-временной динамики климата в целом и его термических свойств, а также биоклиматических характеристик проведены для континентальной части Дальнего Востока, включая Хабаровский и Приморский края, Чукотский автономный округ, а также Магаданскую, Амурскую и Еврейскую автономную области (ЕАО); расчёты индекса акклиматизационной нагрузки выполнены для перемещений по всему Дальнему Востоку с учётом Камчатского края и Сахалинской области. Апробация методики комплексной оценки климатической дискомфортности проведена для территории ЕАО.

Отличительной особенностью климата бо́льшей части района исследования является наличие высокой годовой амплитуды температурных колебаний, именно поэтому при оценке напряжения систем терморегуляции организма человека необходимо изучать как особенности суровости зимнего сезона, так и дискомфортности погод тёплого периода. Основная территория региона находится в ультра- или резкоконтинентальных условиях со среднегодовой температурой в пределах от −7,3 до +4,5 °С и с годовой амплитудой температур 45–50 °С, что соответствует континентальности Средней Сибири.

Климат северной части региона, включая бо́льшую часть Магаданской области и Чукотку, считается самым суровым на Дальнем Востоке России. Среднегодовые температуры колеблются в пределах от −13,2 °С до −2,5 °С. Средняя температура января, самого холодного месяца, может достигать −38 °С внутри континента; на побережье морей среднемесячная температура января −15 °С сопровождается ветром со среднемесячной скоростью до 10 м $с^{-1}$, что резко усиливает терморегуляционную нагрузку на организм человека. Лето прохладное и дождливое, средние

---

[6] Ефремова Т.Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный. М. : Русский язык, 2000. Т. 1: А – О. 1210 с.; Гусаков В.Г., Ильина З.М., Бельский В.И., [и др.]. Продовольственная безопасность: термины и понятия: энциклопедический справочник. Минск : Белорусская наука. 2008. 535 с.

температуры июля от 3–4 °С на севере до 13–16 °С на юге Охотского побережья; температуры в дневное время могут подниматься до 25–30 °С.

Южная часть региона исследования расположена в зоне умеренного муссонного климата, характерной чертой которого является наличие двух сезонных фаз – летней и зимней. Зимний муссон вызывает малооблачную, малоснежную морозную погоду на всей территории, летний характеризуется тёплыми влажными тропическими погодами. Холодная зима обусловливает более низкие среднегодовые температуры по сравнению с теми же широтами в Европе: в Хабаровске средние температуры января на 30 °С ниже, чем в Париже на той же широте. Средняя температура января в северо-западной части в бассейне Зеи и верховьях Амура опускается ниже −30…−32 °С. Самые тёплые районы – в окрестности озера Ханка и юге Сахалина с температурами −11…−12 °С и −6…−11 °С соответственно. В июле в континентальной части средние температуры самого тёплого месяца составляют 20–22 °С, на побережье они поднимаются в среднем до 14–18 °С.

Материалы и методы исследования. Алгоритм исследования влияния биоклимата на жизнедеятельность человека показан на рис. 1. Основные методы и объем исследований представлены в табл. 1. При решении поставленных задач использовались общенаучные, специально-географические и экологические методы: классификации, картографический, комплексный, сравнительного анализа, системные методы оценки погоды и климата.

Результаты исследования обработаны общепринятыми методами математической статистики. Для оценки коэффициентов линейных трендов использовались методы наименьших

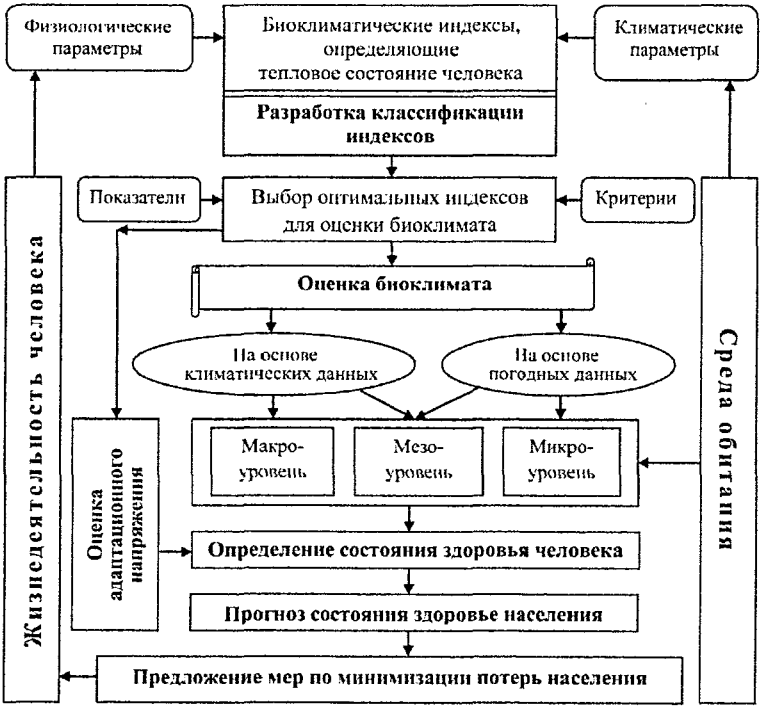


Рисунок 1 – Алгоритм исследования влияния биоклимата на жизнедеятельность человека

Таблица 1 – Объем фактического материала

Глава, пп.	Этап работы, определяемые параметры	Район работ	Данные	Источник данных	Период	Методы исследований
4.	Индексы: Хилла, Tn, НЭЭТ, АТ, ЭЭТ	Хабаровский и Приморский края, Чукотский автономный округ (ЧАО), Магаданская, Амурская области и Еврейская автономная область (ЕАО): 90 гидрометеостанций (ГМС)	Среднемесячная температура и относительная влажность воздуха, скорость ветра	Научно-прикладные справочники по климату	1951–1980	Расчёт индексов
	Оценка теплового состояния человека по изоляционным свойствам одежды					
	Пространственно-временная динамика температурного режима	Хабаровский и Приморский края, Амурская область и ЕАО: 48 ГМС	Среднесуточная, минимальная и максимальная температура воздуха	Сайт ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» www.meteo.ru	1959–2011	Математико-статистические. Метод кластер-анализа
	Динамика осадков	ГМС Хабаровск	Среднегодовое и среднемесячное количество осадков	Архивные данные ФГБУ «Дальневосточное УГМС»	1966–2011 1911–2012	Математико-статистические
	Индекс пространственной синоптической классификации (SSC)	Хабаровский и Приморский край, Амурская область и ЕАО: 34 ГМС	Ежесуточные данные по температуре воздуха и точки росы, скорости и направлению ветра, облачности и атмосферному давлению в 03.00, 09.00, 15.00 и 21.00	Сайт ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» www.meteo.ru	1950–2010	Расчёт индексов с использованием оригинальных методик
	Индекс Физиологическая эквивалентная температура (PET)	Хабаровский и Приморский край, Амурская область и ЕАО	Среднесуточные температура и относительная влажность воздуха, скорость ветра, облачность	International Water Management Institute, World Water and Climate Atlas	1961–1990	
	Индекс PET и Универсальный температурный климатический индекс (UTCI)	ГМС Биробиджан	Ежесуточные данные по температуре воздуха и относительной влажности, скорости ветра и облачности за 8 сроков наблюдения	Сервер Погода России http://meteo.infospace.ru	2000–2010	
	Оценка тепловой дискомфортности климата ЕАО	ЕАО: ГМС Облучье, Биробиджан, Смидович, Екатерино-Никольское, Ленинское	Среднемесячная и годовая температура воздуха, скорость ветра, количество осадков	Архивные данные ФГБУ «Дальневосточное УГМС»	1995–2002	Расчёт индексов
	Болезненность детского населения и климатическая дискомфортность	Муниципальные районы ЕАО	Болезненность органов дыхания – детское население	Областное бюро медицинской статистики ЕАО	1995–2002	Статистические

Продолжение таблицы 1 – Объем фактического материала

Глава, пп.	Этап работы, определяемые параметры	Район работ	Данные	Источник данных	Период	Методы исследований
5.1	Теплопотери органами дыхания	Хабаровский, Приморский и Камчатский края, ЧАО, Магаданская, Амурская и Сахалинская области и ЕАО: 150 ГМС	Среднемесячная температура и абсолютная влажность воздуха, скорость ветра	Научно-прикладные справочники по климату	1951–1980	Расчёт индексов с использованием оригинальных методик
5.2	Акклиматизационная нагрузка на органы дыхания при межрегиональных перемещениях					
5.1	Теплопотери органами дыхания и заболеваемость населения болезнями органов дыхания	Хабаровский и Приморский край, Амурская область и ЕАО	Заболеваемость болезнями органов дыхания на 1000 чел. населения	Статистические сборники	1996–2006	Статистические
5.2, 5.3	Влажность воздуха как фактор, влияющий на акклиматизацию органов дыхания	ГМС Хабаровск, Нинмей, Сингапур, Санья	Среднесуточная температура воздуха, относительная влажность, скорость ветра	Сервер Погода России http://meteo.infospace.ru	2006	Расчёт индексов с использованием оригинальных методик
5.4	Индекс акклиматизационной нагрузки для межрегиональных перемещений	ГМС Кейптаун, Сингапур, Гаити, Голд Кост, Крайстчёрч, Канкун, Мельбурн, Буэнос-Айрес, Амстердам, Восток 2	Среднемесячная температура и абсолютная влажность воздуха, скорость ветра	http://www.weatherbase.com/	Январь	
6.	Сезонность смертности Оценка влияния погоды на смертность	г. Хабаровск	Ежедневное число случаев общей и половозрастной смертности населения	Администрация г. Хабаровска	2000–2012	Расчёт индекса сезонности смертности Математико-статистические
		ГМС Хабаровск	Среднесуточная температура воздуха	Сайт ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» www.meteo.ru	2000–2012	
		г. Биробиджан	Ежедневное число случаев общей и половозрастной смертности населения	Управление ЗАГС правительства ЕАО	2002–2012	
		ГМС Биробиджан	Среднесуточная температура воздуха и атмосферное давление	Сервер Погода России http://meteo.infospace.ru	2002–2012	
6.3	Сезонные изменения погоды	ГМС Биробиджан	Среднесуточные температура воздуха		2002–2012	
7.	Волны тепла и смертность населения	ГМС Хабаровск	Среднесуточная, минимальная и максимальная температура воздуха	Сайт ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» www.meteo.ru	2000–2012	Математико-статистические, метод анализа временных рядов
		Хабаровский и Приморский края, Амурская область и ЕАО, 48 ГМС			1959–2012	
		г. Хабаровск	Ежедневное число случаев общей и половозрастной смертности населения	Администрация г. Хабаровска	2000–2012	

квадратов. Статистическая значимость проверялась критериями χ^2 Хи-квадрат и F-теста Фишера-Снедекора. Для определения статистической значимости различий среднеарифметических величин при сравнении независимых выборок использовался t-критерий Стьюдента. При оценке корреляционных связей использовались коэффициенты парной корреляции Пирсона. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,01 или 0,05. При статистическом анализе данных использовались программы Microsoft Excel 2007 и R 3.2.2. Оформление карт-схем выполнено с помощью программных средств ArcView GIS 3.2 при участии к.г.н. Д.М. Фетисова, ИКАРП ДВО РАН.

При изучении пространственно-временной динамики температурного режима использованы методы кластер-анализа, позволяющие определить естественное расслоение исходных данных на чётко выраженные группы. Степень близости динамик температур оценивалась с помощью евклидовой метрики; использован метод определения порогового значения включения в кластер с учетом эмпирической плотности значений нормированных расстояний между объектами. Расчёты проводились совместно с сотрудником ИКАРП ДВО РАН К.В. Шлюфманом.

Расчёты индекса пространственной синоптической классификации (Spatial Synoptic Classification, SSC) проводились с использованием оборудования и программного обеспечения в Государственном университете штата Кент, США, совместно с коллегами проф. Л. Калькстейном и С. Шериданом (http://sheridan.geog.kent.edu/ssc.html). Расчёты физиологической эквивалентной температуры (PET) и универсального температурного климатического индекса (UTCI) проводились с использованием оборудования и программного обеспечения RayMan 1.2 в Институте метеорологии Университета Фрайбурга, Германия, совместно с проф. А. Мацаракисом (http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/).

Для изучения особенностей внутригодовой динамики смертности населения за многолетний период использовался индекс сезонности, для расчёта которого суммировались данные отдельно для каждого месяца за все годы анализируемого времени; найденные итоговые значения делились на число лет наблюдения, в результате получены 12 месячных средних значений; при этом если величина индекса для какого-либо месяца превышала 100 %, то считалось, что в этом месяце активизировались сезонные факторы[7].

Для характеристики зависимости смертности от температуры воздуха в тёплый период года использовался метод анализа временных рядов по суточным данным, при этом температурная кривая смертности аппроксимировалась V-образной функцией с двумя линейными участками соответственно ниже и выше точки минимума температурной кривой. Сглаживание резких скачков ежедневной смертности выполнялось усреднением первичных данных «скользящим окном» шириной 30 дней[8]. Расчёты проводились совместно с А.С. Григорьевым, студентом Берлинского технического университета, Германия.

Глава 3. Классификация комплексных биоклиматических индексов и их ранжирование

Комплексные биоклиматические индексы используются для отображения совокупности факторов, определяющих уровень тепловой нагрузки погоды и климата в целом на организм человека или риск для его здоровья; при этом принимаются во внимание как параметры атмосферы (температура, влажность, скорость ветра, солнечная радиация и др.), так и физиологические характеристики (например, температура кожи, скорость потоотделения, интенсивность физической деятельности и др.), а также изоляционные свойства одежды.

За последние 100 лет разработано более 160 комплексных биоклиматических индексов для оценки теплового режима организма человека, и каждый из них имеет свои недостатки и преимущества. Они применяются в установленных границах в соответствии с пределами изменения метеорологических параметров и погодных условий и могут характеризовать лишь определённую область проявления физиологических функций, связанных с тепловым воздействием внешней

[7] Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска: Методические рекомендации МР 2.1.10.0057-12. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 48 с.

[8] Там же.

среды. Эти индексы отличаются совокупностью учитываемых величин, уровнем сложности лежащих в их основе теорий теплообмена между телом человека и окружающей средой, а также совокупностью задач, для осуществления которых они предназначены. Тем не менее, до сих пор нет единого мнения о наилучших из них, которые бы максимально удачным способом описывали тепловое состояние человека.

В связи с этим нами составлен каталог известных к настоящему времени комплексных биоклиматических индексов. Критически оценены имеющиеся в научной литературе классификации; показана необходимость разработки новой, в которую можно включить все индексы. Предложена новая классификация, состоящая из 8 разных по уровню сложности классов (рис. 2)[9]. Проведено ранжирование индексов и выявлены наиболее оптимальные для использования при оценке биоклимата территории.

В первый и второй классы сгруппированы индексы – параметры атмосферы, измеренные с помощью простых (B) и сложных (A) приборов: сухого и смоченного термометров и приборов-симуляторов (кататермометр, эвиатоскоп и др.). В следующий класс вошли индексы, полученные как алгебраические комбинации метеопараметров (C), такие, *например, как широко используемые* в России индекс жёсткости погоды Бодмана и его модификация – индекс Осокина и др. Выделены индексы, полученные эмпирическим путём (D, E), в отличие от тех, которые основаны на использовании уравнения теплового баланса (F, G); все они разбиты на описывающие нагрузку окружающей среды (E, G) и индексы физиологического напряжения, как отклик организма при воздействии среды (D, F). Выявлен класс специальных индексов (H), применяемых для определения адаптационного напряжения при оценке погодно-климатических контрастов.

Предложены количественные и качественные показатели для ранжирования индексов: температурный диапазон, для характеристики которого предназначен индекс; валидация – экспериментальная или лабораторная проверка; использование модели теплового баланса; количество учитываемых параметров – наличие и состав предикторов (метеорологических и физиологических); *разработка индекса для пассивного или активного состояния человека*; единица измерения результирующей величины; абсолютный или относительный характер индекса и др. Заметим, что индекс считается абсолютным, если он рассчитывается для определённого места и времени, и относительным, если позволяет выявить, насколько данные погодные условия необычны по сравнению с нормой для этой местности, или сравнить между собой два разных пункта, или получить межрегиональные и (или) разновременные характеристики влияния окружающей среды на здоровье и жизнедеятельность человека[10].

Все индексы сведены в алфавитном порядке в таблицу, учитывающую перечисленные показатели. Предложены следующие критерии для их сравнительной оценки. 1. Валидность – насколько хорошо индекс описывает фактическую тепловую нагрузку, которой подвергается организм человека; проверка, тестирование или получение формулы для расчёта индекса *осуществляются при проведении лабораторных или полевых исследований*. 2. Практичность или удобство в использовании – насколько проста в использовании схема вычисления с точки зрения как трудоёмкости расчёта, так и доступности используемых параметров, а также понимания конечной информации потребителем. 3. Аргументированность, ясность расчётной схемы – правомерность выбора каждого используемого параметра, каждого вводимого коэффициента. 4. Актуальность или значимость – соответствие современным требованиям, фундаментальность и научная обоснованность разработок. 5. Полнота или завершённость схемы – учёт основных факторов, влияющих на тепловое воздействие: температуры воздуха, влажности и скорости ветра как для высоких, так низких температур, уровня основного обмена и др.; но включение дополнительных переменных необязательно приводит к улучшению результата, так как усложняет расчётную схему. 6. Границы или диапазон использования индекса для различных сценариев и *(или) в разной окружающей среде* – это относится как к диапазону условий окружающей среды, так и к физиологическим особенностям человека, для которых может применяться индекс.

Разработана балльная шкала по принципу увеличения балла с возрастанием значимости. Выполнена экспертная балльная оценка по предложенным критериям; отдельно в каждом классе

---

[9] de Freitas C.R., Grigorieva E.A. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices // Int. J. Biometeorol. 2015a. Vol. 59. P. 109–120. de Freitas C.R., Grigorieva E.A. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices // Int. J. Biometeorol. 2016. DOI: 10.1007/s00484-016-1228-6.

[10] Kalkstein L.S., Valimont K.M. An evaluation of summer discomfort in the United States using a relative climatological index // Bull. Am. Meteorol. Soc. 1986. Vol. 67. P. 842–848.

Рисунок 2 – Классификация комплексных биоклиматических индексов (фрагмент)

выделены индексы с наибольшим количеством баллов, лучше всего подходящие для оценки биоклимата территории.

Таким образом, создание классификации и ранжирование методов оценки теплового состояния человека позволяют ориентироваться в выборе адекватных индексов для биоклиматической оценки территории в зависимости от поставленных научных теоретических и практических задач.

Глава 4. Оценка теплового состояния человека в климатических условиях Дальнего Востока

Редкая сеть гидрометеостанций (ГМС) ограничивает применение многих биоклиматических индексов, поэтому в первую очередь нами отобраны те из них, которые могут использоваться в расчётных схемах как при низких, так и при высоких температурах. Это условие актуально при проведении исследований на макроуровне, т.е. при получении фоновых зависимостей. В то же время, именно это положение при выполнении комплексной биоклиматической оценки на мезо- и микроуровне, когда необходимо дать характеристику отдельно по сезонам, служит предпосылкой для выбора индексов, наиболее приемлемых для использования в то или иное время года в определённом интервале температур. Наиболее интересными с точки зрения биоклиматологии являются индексы, учитывающие максимально возможное количество метеоусловий, действующих на человека (критерий полноты схемы). Но широкое использование их на практике затруднено в связи с тем, что наблюдения, например, за солнечной радиацией проводятся на ограниченном числе ГМС: из 150 станций, данные которых применяются нами в настоящей работе, информация по солнечной радиации в справочниках приводится только для 30.

На макроуровне (континентальная часть Дальнего Востока России) для получения обобщённых оценок расчёты выполнены на основе климатических данных. В классах C (индексы, основанные на алгебраических или статистических моделях) и G (индексы нагрузки окружающей среды с использованием модели теплового баланса) рассматривались индексы: Нормальная эквивалентно-эффективная температура НЭЭТ[11], ветровое влажное охлаждение по Хиллу H[12], Эквивалентно-эффективная температура ЭЭТ[13]; Приведенная температура AT[14]; Естественная температура по влажному термометру Tn[15]. Во всех индексах учитывались температура и влажность воздуха, а также скорость ветра; в индексах Tn и AT в расчётные формулы вводились данные по солнечной радиации. Нами проведено исследование степени тесноты связи между индексами отдельно для тёплого и холодного времени года (табл. 2).

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции между различными биоклиматическими индексами*[16]

Биоклиматические индексы**	H		Tn		AT		НЭЭТ	
	зима	лето	зима	лето	зима	лето	зима	лето
Tn	0,02	–0,66						
AT	–0,10	–0,78	**0,97**	**0,97**				
НЭЭТ	–0,59	–0,90	**0,72**	**0,88**	**0,82**	**0,96**		
ЭЭТ	–0,74	–0,95	**0,48**	**0,75**	**0,64**	**0,88**	**0,94**	**0,97**

*полужирным шрифтом выделены коэффициенты парной корреляции, статистически значимые на уровне 0.01
**H – ветровое влажное охлаждение по Хиллу; Tn – Естественная температура по влажному термометру; AT – приведённая температура; НЭЭТ – нормальная эквивалентно-эффективная температура; ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура

[11] Missenard A. Équivalence thermique des ambiances: équivalences de passage, équivalences de séjours // Chaleur et Industrie. 1948. Vol. 276. P. 159–172; Vol. 277. P. 189–198.

[12] Hill L.E., Angus T.C., Newbold E.M. Further experimental observations to determine the relations between kata cooling powers and atmospheric conditions // J. Ind. Hyg. 1928. Vol. 10. P. 391–407.

[13] Айзенштат Л.Б., Айзенштат Б.А. Формула для расчета эквивалентно-эффективных температур (ЭЭТ) // Труды САРНИГМИ. 1974. Вып. 20 (101). С. 81–83.

[14] Steadman R.G. A universal scale of apparent temperature // J. Clim. Appl. Meteorol. 1984. Vol. 23. P. 1674–1687.

[15] Maloney S.K., Forbes C.F. What effect will a few degrees of climate change have on human heat balance? Implications for human activity // Int. J. Biometeorol. 2011. Vol. 55. P. 147–160.

[16] Григорьева Е.А. Биоклиматические особенности территории как ресурс развития туризма // М-лы Международ. конф. «Регионы нового освоения: экологическая политика в стратегии развития», г. Хабаровск, 1–3 октября 2013 г. Хабаровск, 2013. Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2013б. С. 334–340.

Наиболее тесная корреляция с большинством из них оказалась у индекса НЭЭТ; это позволяет сделать вывод о наибольшей целесообразности использования его при оценке благоприятности теплового воздействия климата на человека с учётом простоты расчёта. Анализ пространственного распределения НЭЭТ (рис. 3) показывает, что почти вся территория региона в течение января находится в жёстко холодной зоне с величиной НЭЭТ ниже −45 °С; в отдельных районах на севере температуры опускаются ниже −50 °С, которые по теплоощущению относятся к категории «крайне холодные» условия с чрезвычайно высокой вероятностью замерзания. Эти значения ощущаемых человеком температур существенно ниже реальных за счёт усугубляющего

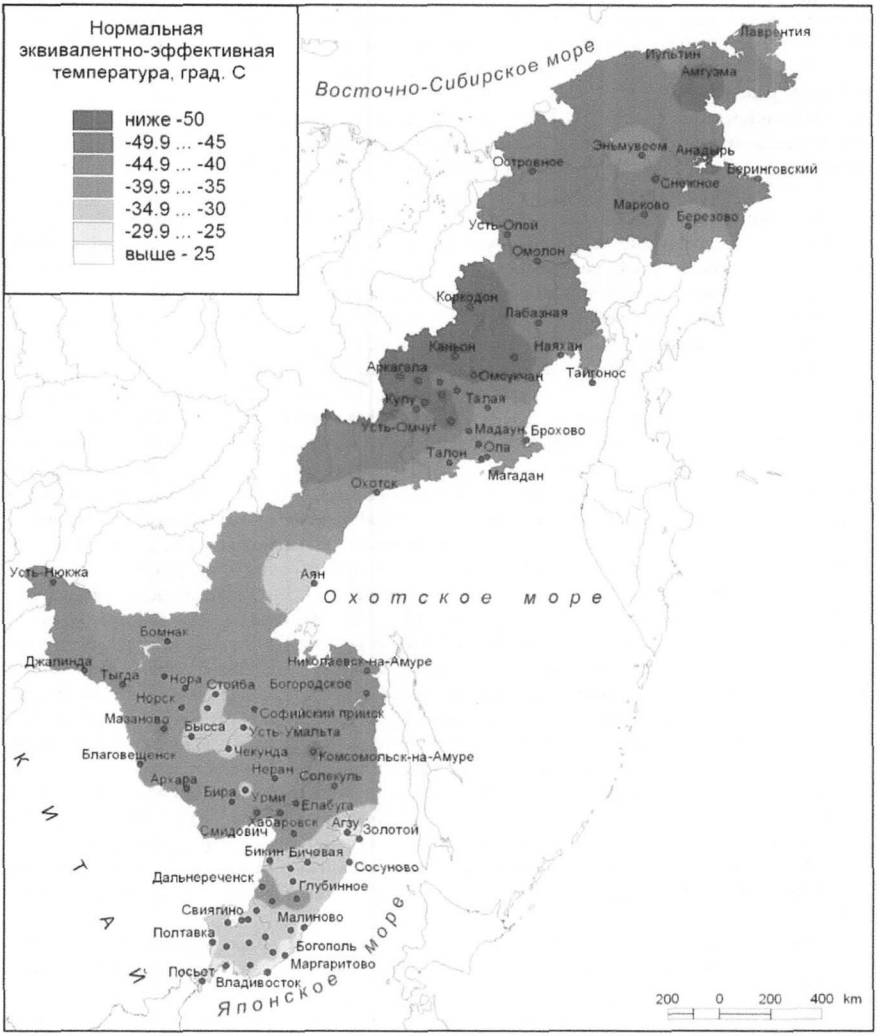


Рисунок 3 – Пространственная динамика Нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ), зима (январь), Дальний Восток

холод действия высокой влажности и сильного ветра. Так, в Анадыре и в Беринговском НЭЭТ составляет −52 и −46 °С соответственно, что ниже реальной температуры на 32 °С. Наименее суровые условия холодного времени года отмечаются в защищенных от ветра межгорных котловинах, где могут наблюдаться достаточно низкие температуры воздуха при практически полном безветрии. Несмотря на более высокую температуру зимнего периода, участки территории с большой скоростью ветра в долине крупных рек (например, р. Амур) или на побережье дальневосточных морей отличаются повышенной суровостью в течение всей зимы. Жёсткость погоды здесь в 1,5–2 раза выше, чем в континентальных районах, находящихся гораздо севернее. В целом более суровые условия наблюдаются в Магаданской области и на Чукотке. В летнее время бо́льшая часть изучаемой территории находится в зоне термического комфорта, выходя за её пределы в сторону прохладного дискомфорта только на крайнем севере и на побережье северных морей.

В классе F (индексы физиологического напряжения с использованием модели теплового баланса) проведена оценка теплового состояния человека по изоляционным свойствам одежды с использованием индекса CLODEX[17]. Известно, что решение уравнения теплового баланса с учётом его основных составляющих – метеофакторов (температуры и влажности воздуха, скорости ветра, режима радиации), физиологических особенностей человека, характеризующих деятельность механизмов терморегуляции организма, и физической нагрузки – позволяет оценить влияние климатических условий на состояние человека в величинах термического сопротивления одежды. Иными словами, величина теплоизоляционных свойств одежды, обеспечивающей комфорт, зависящая от климатических условий изучаемой местности, в свою очередь, используется для комплексной характеристики погодных особенностей данной территории. Для количественного описания термозащитных свойств одежды и её тканей используется специальная единица «кло», равная 0,18 °С м^2 час ккал$^{-1}$ или 0,155 °С м^2 Вт$^{-1}$, полученная расчетными и экспериментальными методами на основании физиологических параметров теплообмена человека[18].

Нами определены теплозащитные свойства одежды, необходимой для создания комфортного теплового состояния человека, находящегося в легком физическом напряжении, для зимнего и переходных сезонов года[19]. Максимально необходимая теплоизоляция рассчитывалась по средней минимальной температуре (ночь), минимальная – по средней максимальной температуре (день). В январе при средних климатических условиях тепловое сопротивление одежды изменяется от 2,9 до 4,9 кло (рис. 4). В ночное время при максимальной суровости термического воздействия тепловое сопротивление одежды изменяется от 4,0 (зимнее пальто) до 5,2 (арктическая одежда) кло (рис. 4а). Днём при максимальных температурах и минимальном ветровом напряжении возможно уменьшение теплозащиты на 0,5–1,3 кло, причем максимальное увеличение характерно для южных регионов (рис. 4б). Разница между минимальными и максимальными значениями составляет 1,0–1,7 кло. В переходные сезоны (апрель, октябрь) в связи с более высоким температурным фоном теплозащитные свойства одежды уменьшаются, при этом максимальные средние значения на севере территории, на Чукотке, соответствуют утеплённой зимней одежде, минимальные на юге, в Приморском крае, – деловому костюму.

Дополнительно проведена оценка изменения теплового баланса человека, выраженного в теплоизоляционных свойствах одежды, для условий глобального потепления на 1 и 2 °С. Показана необходимость небольшого уменьшения теплового сопротивления одежды в зимний и переходный периоды на 0,1 кло, что значительно меньше разницы между экстремальными значениями теплозащитных свойств одежды в климатических условиях Дальнего Востока.

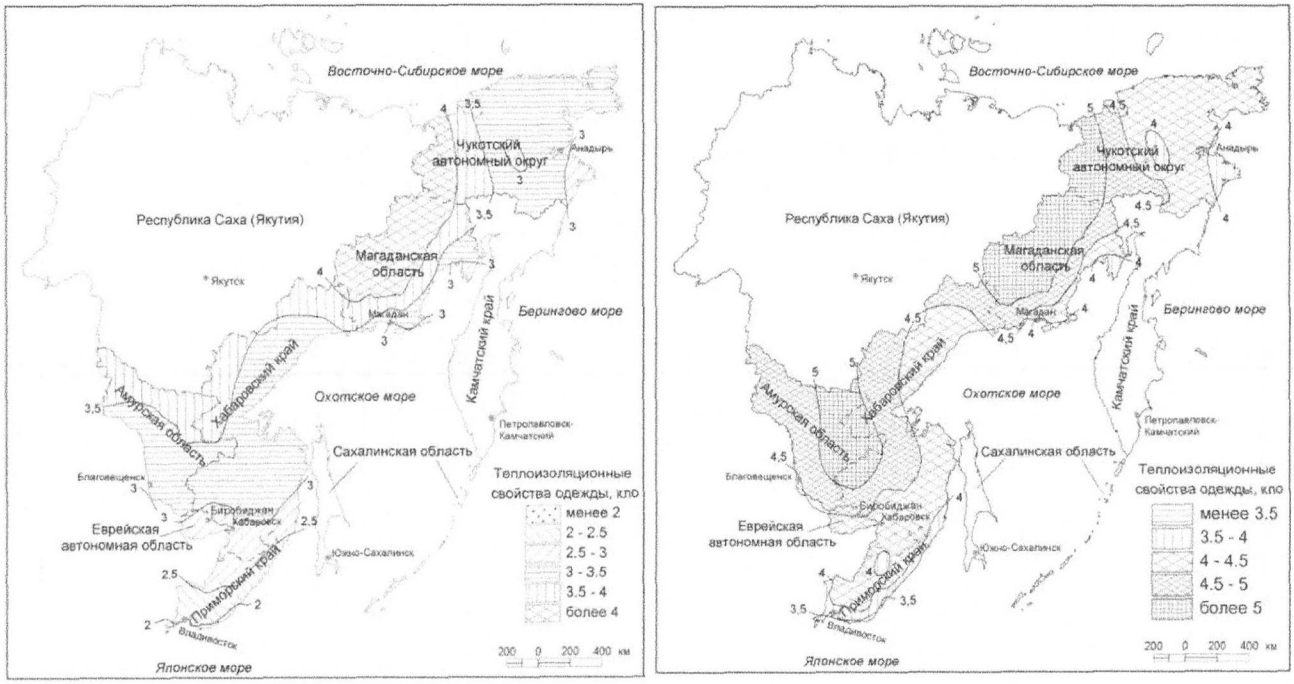
На мезоуровне на примере континентальной части юга Дальнего Востока проведена детализация особенностей биоклимата и изменения климата на основе климатических и погодных данных.

Рассмотрена пространственно-временная структура среднегодовых значений минимальной, средней и максимальной температуры воздуха, отражающих степень

[17] de Freitas C.R. Human climates of northern China // Atmos. Environ. 1979. Vol. 13. P. 71–77.

[18] Gagge, A.P., Burton, A.C., Bazett, H.C. A practical system of units for the description of the heat exchange of man with his environment // Science. 1941. Vol. 94. P. 428–430.

[19] Григорьева Е.А. Оценка теплоизоляционных свойств одежды человека в климатических условиях Дальнего Востока России // Изв. СамНЦ РАН. 2012. Т.14, № 5(3). С. 534–537.



(а) (б)

Рисунок 4 – Значения теплоизоляционных свойств одежды в январе для Дальнего Востока при выполнении лёгкой работы (уровень обмена веществ 116 Вт м$^{-2}$): (а) минимальные (день) и (б) максимальные (ночь)

температурной комфортности климата. За период 1966-2010 гг. выявлено увеличение зимних температур с более быстрым повышением минимальных, чем максимальных. Уменьшение суточной амплитуды температур в зимний сезон может служить фактором, улучшающим зимнюю комфортность. Летом на севере исследуемого региона температуры повышались, на юге отмечено понижение, более существенное на самом юге Приморья; особенно значимо – до 0,5 °С за 10 лет – уменьшение максимальных температур, т.е. в целом суточная амплитуда здесь тоже уменьшается, но меньше, чем для зимы.

Для построения эмпирической модели динамики изучаемых параметров применён математический аппарат, включающий в себя метод кластер-анализа. Степень близости динамик температур, оценённая с помощью евклидовой метрики, позволила выявить пять качественно различных пространственных кластеров ГМС со сходной динамикой. Это три континентальных: «континентальный северный», «континентальный центральный» и «континентальный южный» и два прибрежных: «приморский северный (Охотоморский)» и «приморский южный (Япономорский)» кластеры. Различия в структуре кластеров отображают влияние местных климатических особенностей – в первую очередь близость к водным массивам (крупным рекам и морским акваториям) и рельеф местности – на формирование температурного фона.

Характеристика биоклимата на мезоуровне. В классе Е (эмпирические индексы, основанные на оценке нагрузки окружающей среды) выявлены особенности синоптических ситуаций с помощью индекса пространственной синоптической классификации (SSC). Подход базируется на отнесении погоды каждого дня к одному из 8 основных типов воздушных масс (ВМ); используются данные по температуре воздуха, точке росы, скорости и направлению ветра, давлению на уровне моря и облачности за четыре срока наблюдений; итого в модель вводится 24 предиктора[20]. Совместно с проф. Л. Калькстейном и С. Шериданом нами рассчитаны значения индекса SSC, доступные для использования на сайте (http://sheridan.geog.kent.edu/ssc.html).

Проведён анализ частоты повторяемости воздушных масс в течение года, особое внимание уделено тёплому периоду. Показано, что летом на севере изучаемой территории и на побережье морей максимальна повторяемость морских (влажных) арктических ВМ; в континентальной части – континентальных (сухих) умеренных. Распространение тропических морских и континентальных ВМ, потенциально наиболее опасных для здоровья населения, характерно для равнинных территорий на юге в долинах крупных рек. На примере Хабаровска показаны особенности межгодовой динамики основных ВМ летнего сезона: выявлено увеличение числа дней с морскими тропическими ВМ в 2012 г. на 7 дней по сравнению 1950 г. и уменьшение числа дней с континентальными арктическими на 3 дня.

В классе G (индексы нагрузки окружающей среды с использованием модели теплового баланса) проведен расчёт индекса Физиологической эквивалентной температуры (PET), учитывающего температуру и влажность воздуха, а также скорость ветра и облачность в зависимости от уровня основного обмена и физической активности с помощью модели Munich Energy-Balance Model for Individuals MEMI[21], для каждого месяца и в целом за год.

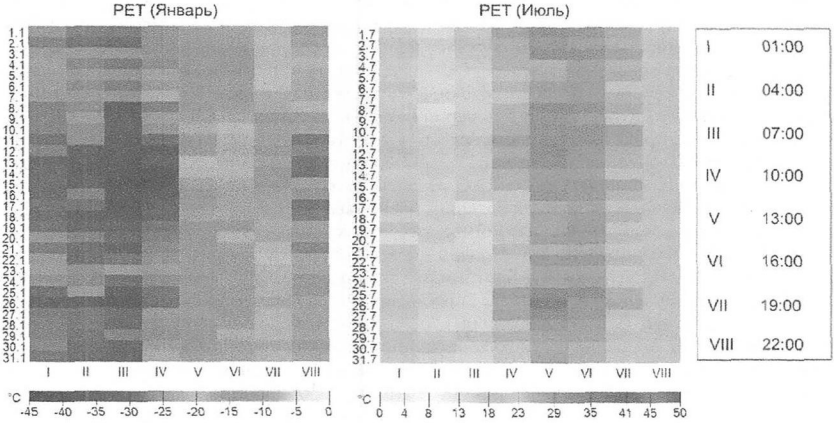
Бо́льшая часть изучаемой территории находится в зоне холодового стресса, где среднегодовое значение PET пространственно изменяется от +5 до −5 °С, в горных местностях и на севере наблюдается понижение до −10 °С. Чётко выделяются нарушающие широтное распределение температур направленные с юго-запада на северо-восток хребты Джугджур на севере и Сихоте-Алинь на юге с пониженным по сравнению с окружающими территориями фоном PET. Выявляются отдельные равнинные участки в долине реки Амур с более низкими значениями по сравнению с расположенными гораздо севернее территориями в Амурской

[20] Kalkstein L.S., Nichols M.C., Barthel C.D., Greene J.S. A New Spatial Synoptic Classification: Application to Air Mass Analysis // Int. J. Climatol. 1996. Vol. 16(8). P. 983–1004; Sheridan S.C. The redevelopment of a weather type classification scheme for North America // Int. J. Climatol. 2002. Vol. 22. P. 51–68.

[21] Mayer H., Höppe P. Thermal comfort of man in different urban environments // Theor. Appl. Climatol. 1987. Vol. 38. P. 43–49; Höppe P.R. The physiological equivalent temperature a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment // International Journal of Biometeorology. 1999. Vol. 43. P. 71–75.

области, что объясняется усилением ветрового воздействия[22].

Характеристика биоклимата на микроуровне представлена для урбанизированных территорий на основе расчёта индекса Физиологической эквивалентной температуры PET с использованием ежедневных погодных данных за 8 стандартных сроков наблюдения (через каждые 3 часа). При проведении детальных вычислений в разных по архитектурно-планировочным и природным характеристикам районах города учитывались особенности внутригородской среды, влияющие на формирование микроклимата: наличие и степень покрытия территории строениями и растительным покровом, высота зданий и деревьев, степень открытости небосвода. Для трёх микрорайонов Биробиджана – жилого массива, открытой улицы и площади – построены биоклиматограммы, показывающие повторяемость PET в разных градациях теплоощущения и с разной временнóй детализацией: по месяцам года, дням месяца и часам дня[23]. На рис. 5 приведён пример для жилого массива.



(а) (б)

Рисунок 5 – Динамика биоклиматического индекса Физиологическая эффективная температура (PET) для жилого микрорайона г. Биробиджана в течение месяца (по вертикали) и в течение суток (по горизонтали)[24]

Как видно, зимой в январе город находится в зоне исключительно сильного холодового стресса. В ночное время, особенно в середине месяца, значения PET могут понижаться до −45 °C. Днём (около 13 ч) в отдельные дни PET может повышаться до −5 °C. В целом в городе биоклиматические условия более комфортны, чем за его пределами, что объясняется отепляющим эффектом городской территории.

Летом в июле наиболее комфортные температуры в диапазоне 18–23 °C отмечаются ночью и в утренние часы. В послеполуденное время в отдельные дни PET поднимается до +45 и даже до +50 °C, выходя в категорию исключительного теплового стресса. Более комфортные условия наблюдаются в жилом микрорайоне с максимальным количеством древесной растительности и строениями, создающими тень, т.е. с минимальной открытостью небосвода. Таким образом, микроклиматические особенности городской среды оказывают влияние на её тепловую комфортность, что показано нами в количественном выражении.

---

[22] Grigorieva E.A., Matzarakis A. Physiologically equivalent temperature as a factor for tourism in extreme climate regions in the Russian Far East: Preliminary results // European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation. 2011. Vol. 2, Issue 3. P. 127–142.

[23] Bauche J.P., Grigorieva E.A., Matzarakis A. Human-Biometeorological Assessment of Urban Structures in Extreme Climate Conditions: The Example of Birobidzhan, Russian Far East // Advances in Meteorology. 2013. Vol. 2013. Article ID 749270. 10 p.

[24] Там же.

Оценка тепловой дискомфортности климата Еврейской автономной области. На юге Дальнего Востока в муссонном климате умеренных широт зимний период характеризуется очень низкими температурами арктического происхождения с морозными погодами Восточной Сибири, а летом регион находится под воздействием влажных воздушных масс тропического происхождения. Такие контрастные условия вызывают разнонаправленные реакции приспособления зимой к холодам, летом – к жарким и влажным погодам[25]. Представляется, что для адекватной оценки тепловой дискомфортности в пределах небольшого региона с резко отличающимися климатическими условиями зимы и лета целесообразно выявлять особенности климата и его потенциального воздействия на организм человека отдельно по периодам года, используя наиболее соответствующие для каждого сезона биоклиматические индексы.

На примере Еврейской автономной области (ЕАО) показана возможность комплексной оценки тепловой дискомфортности, полученной суммированием отдельных биоклиматических индексов. Основываясь на предложенной для Сибири методике дифференциации территории по климатической дискомфортности[26], мы разработали свой подход с учётом особенностей муссонного климата умеренных широт, внеся изменения и дополнения с акцентом на более дискомфортные летние условия[27]. В зимний период для определения суровости климата использовались среднемесячная температура и жесткость погоды по Ассману для января, продолжительность периода со среднесуточной температурой ниже −25 °С и изменчивость температурного режима за сезон; в летний период – сочетание сумм среднесуточных температур воздуха выше 10 °С, продолжительность безморозного периода и длительность периода душных погод и дней с НЭЭТ выше верхнего уровня температурной комфортности. Все термические показатели в пределах их изменений в ЕАО разбиты на градации по трехуровневой шкале от меньших значений (лучшие условия) к бо́льшим (менее комфортные).

По сочетанию выбранных климатических характеристик и с учетом диапазона их колебаний в автономии выделено три степени дискомфортности зимнего и летнего периода и года в целом, а область по условиям биоклиматического дискомфорта разделена на три зоны: северную горную Облученскую, среднюю Биробиджано-Смидовическую и южную равнинную.

Итак, для Дальнего Востока выполнены расчёты комплексных биоклиматических индексов, предназначенных для описания теплового состояния человека круглогодично, в условиях как высоких, так и низких температур, на разных иерархических уровнях. Предложена методика интегральной оценки климатический дискомфортности, апробированная на примере ЕАО. На макро-, мезо- и микроуровнях выявлены закономерности пространственного распределения биоклиматических характеристик, представленные в виде карт-схем и диаграмм.

Глава 5. Акклиматизационная нагрузка на органы дыхания человека при межрегиональных перемещениях

Теплопотери органами дыхания. Исключая кожу, респираторная система организма человека напрямую и одной из первых подвергается внешним воздействиям, что предельно ярко обнаруживается в экстремальных условиях природной среды, а также при её быстрых и значительных изменениях. Так, повышенная термическая нагрузка – в первую очередь влияние холодного воздуха – приводит к ослаблению защитных функций органов дыхания, создавая условия для инвазии патогенной микрофлоры и, как следствие, вызывает увеличение уровня заболеваемости органов бронхо-лёгочной системы[28].

Верхние дыхательные пути и лёгкие, кроме выполнения в организме функции дыхания, являются одним из главных регуляторов теплоотдачи. Для расчёта возможных теплопотерь органами дыхания нами использована методика, учитывающая затраты тепла на нагревание вдыхаемого воздуха и на испарение влаги с поверхности дыхательных путей в зависимости от температуры и относительной влажности наружного воздуха, предложенная В.И. Русановым[29].

[25] Матюхин В.А. Биоклиматология человека в условиях муссонов. Л. : Наука, 1971. 136 с.

[26] Башалханова Л.Б., Сорокина Л.П. Дискомфортность климата Иркутской области // География и природные ресурсы. 1991. № 1. С. 88–94.

[27] Григорьева Е.А., Христофорова Н.К. Дискомфортность климата Еврейской автономной области // География и природные ресурсы. 2004. № 4. С. 101-104.

[28] *Физиология дыхания* / отв. ред. И.С. Бреслав, Г.Г. Исаев. СПб. : Наука, 1994. 680 с.; Приходько А.Г., Перельман Ю.М., Колосов В.П. Гиперреактивность дыхательных путей. Владивосток : Дальнаука, 2011. 204 с.

[29] Русанов В.И. Оценка метеорологических условий, определяющих дыхание человека // Бюлл. СО АМН СССР. 1989. № 1. С. 57–60.

Для адекватной оценки теплопотерь органами дыхания в различных климатических условиях с учётом ветровой нагрузки нами предложено проводить расчеты не для фактической, а для условной температуры по Арнольди[30], когда при отрицательных температурах воздуха скорость ветра, равная 1 м с$^{-1}$, эквивалентна понижению температуры на 2 °С.

Выявлено, что теплоотдача испарением составляет 50–60 % общих теплопотерь органами дыхания, увеличиваясь в летнее время в южной части изучаемой территории до 80 %[31]. В годовой динамике потери тепла органами дыхания человека зимой в полтора раза выше, чем в переходные сезоны и в два раза выше, чем летом, что, как было показано ранее[32], является одним из важных факторов для развития болезней респираторных органов.

Общая теплоотдача организма человека с дыханием испытывает заметные сезонные колебания, постепенно увеличиваясь с юга на север. В горах потери тепла выше соответствующих величин для равнин, что объясняется увеличением вентиляции лёгких в горной местности. Суровые климатические условия в долинах крупных рек и на побережье морей усиливают ветровую нагрузку и на величину до 15 % увеличивают теплопотери дыханием. Летом пространственная дифференциация теплоотдачи дыханием выражена лучше, чем в зимнее время, что объясняется более заметными температурными контрастами. Максимальные величины теплопотерь выявлены для тех субъектов Дальнего Востока, где наблюдаются более суровые климатические условия (рис. 6б).

Акклиматизационная нагрузка на человека при передвижениях по Дальнему Востоку России. Экстремальные климатические условия Дальневосточного региона проявляются в большей заболеваемости респираторной системы у пришлого населения в период его адаптации по сравнению с адаптированным населением, при этом заболеваемость переселенцев возрастает по мере увеличения климато-географической контрастности. При переезде человеку необходимо приспосабливаться к новым условиям, прежде всего к особенностям погоды. В процессе краткосрочной акклиматизации среди многих систем организма одной из первых перестройке подвергаются органы дыхания; более того, именно адаптивные возможности этой системы во многом определяют успешность привыкания человека к новым условиям[33].

Имеется большое количество методов расчёта акклиматизационной нагрузки, которые адекватно описывают адаптационное напряжение при смене климатических зон, но характеризуются сложностью расчётов и восприятия[34]. Поэтому мы предприняли попытку рассчитать акклиматизационную нагрузку при передвижениях по изменению теплопотерь органами дыхания по методике, предложенной В.И. Русановым[35]: чем больше они отличаются в новом климате от привычного, тем больше нагрузка на механизмы адаптации:

$$АНД = 100\,Q_{rh} - Q_r')\,/\,Q_{rh}, \qquad (1)$$

где АНД – индекс акклиматизационной нагрузки на органы дыхания, Q_{rh} (Вт) – теплопотери органами дыхания в климате проживания и Q_r' (Вт) – потери тепла в новом месте. Нулевое значение АНД наблюдается при отсутствии адаптационного напряжения. АНД больше ноля при передвижении в регионы с более высокими температурой и (или) влажностью вдыхаемого воздуха; отрицательные значения АНД соответствуют перемещению в более суровые и холодные климатические условия[36].

---

[30] Арнольди И.А. Акклиматизация человека на севере и юге. М. : Медгиз, 1962. 71 с.

[31] Григорьева Е.А. Акклиматизационная нагрузка на органы дыхания при межширотных перемещениях в климатических условиях Дальнего Востока России // Вестник СВ НЦ ДВО РАН. 2011. № 3. С. 83–88.

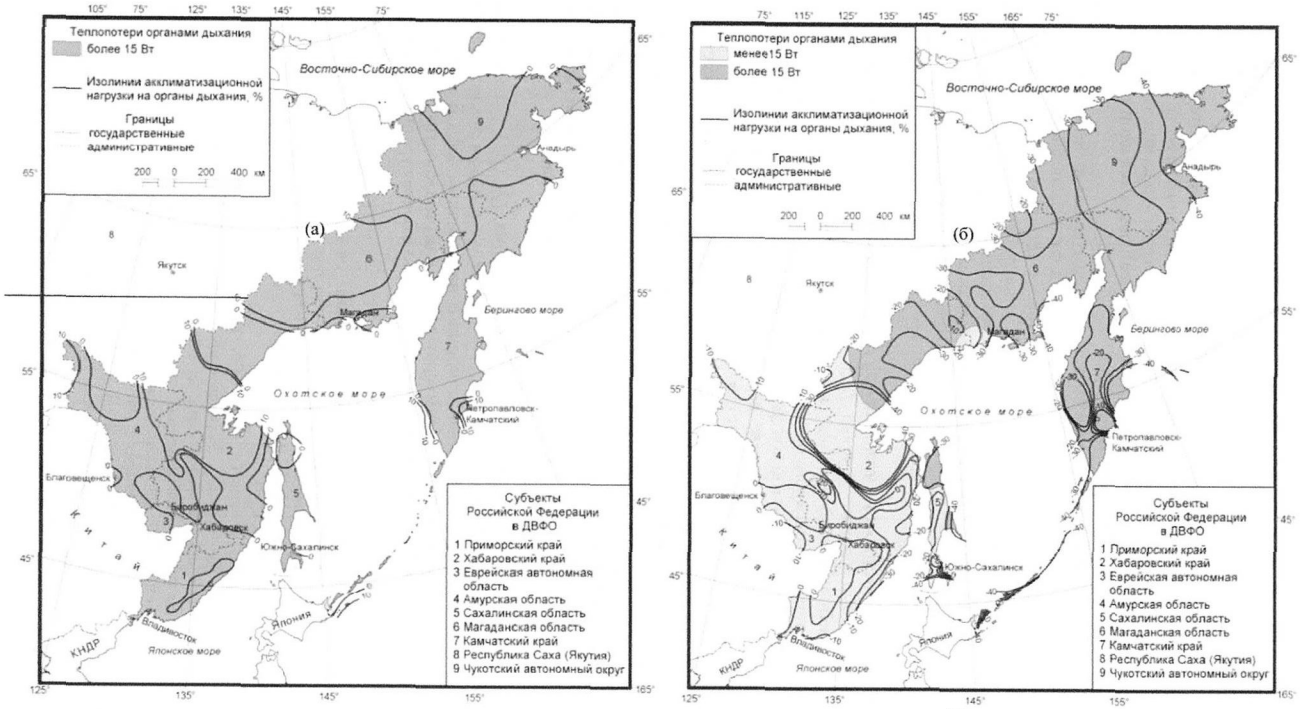
[32] Деркачёва Л.Н. Медико-климатические условия Дальнего Востока и их влияние на респираторную систему // Бюлл. физиол. и патол. дыхания. 2000. Вып. 6. С. 51–54.

[33] Физиология дыхания / отв. ред. И.С. Бреслав, Г.Г. Исаев. СПб. : Наука, 1994. 680 с.

[34] Хлебович И.А., Чуднова В.Н., Чупанова Г.С. Экологический подход при исследовании формирования и адаптации населения // Географические аспекты экологии человека. М. : ИГ РАН, 1975. С. 150–161; Прохоров Б.Б. Медико-географическая информация при освоении новых районов Сибири (для проектных и плановых разработок). Новосибирск : Наука, Сибирское отд-е, 1979. 200 с.; Матюхин В.А., Кривощеков С.Г., Дёмин Д.В. Физиология перемещений человека и вахтовый труд. Новосибирск : Наука, 1986. 198 с.; Русанов В.И. К оценке погодно-климатических контрастов // Бюлл. СО АМН СССР. 1987. № 1. С. 14–19; Бокша В.Г. Справочник по климатотерапии. Киев : Здоров'я, 1989. 206 с.; Русанов В.И. Климат и адаптация терморегуляции человека при межрегиональных перемещениях // Бюллетень Сиб. отд. РАМН. 1997. № 4. С. 135–138.

[35] Русанов В.И. Оценка метеорологических условий, определяющих дыхание человека // Бюлл. СО АМН СССР. 1989. № 1. С. 57–60.

[36] Там же.



(а) (б)

Рисунок 6 – Акклиматизационная нагрузка на органы дыхания при переезде из Хабаровска по Дальнему Востоку: (а) январь, (б) июль[37]

[37] Григорьева Е.А. Акклиматизационная нагрузка на органы дыхания при межширотных перемещениях в климатических условиях Дальнего Востока России // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2011. № 3. С. 83–88.

Нами рассмотрены особенности акклиматизации органов дыхания к высоким и низким температурам, что явилось физиологическим обоснованием выбранной методики. Проведена её апробация для различных перемещений и показана целесообразность применения методики в течение всего года[38]. Изучены передвижения из г. Хабаровска по Дальнему Востоку. Выявлено, что в зимний период нагрузка мало отличается от ноля и составляет не больше ±10–12% (рис. 6а), то время как летом регистрируются более высокие положительные величины, достигающие +30% при переездах на юг и юго-запад (рис. 6б).

Влажность воздуха как фактор, влияющий на особенности акклиматизации органов дыхания. Для сравнительной оценки влияния влажности проведены расчёты теплопотерь органами дыхания и АНД для перемещений в зимнее время из Хабаровска, дискомфортность которого определяется жесткостью температурно-ветровых сочетаний, в Сингапур, находящийся в экваториальном жарком и влажном климате, и г. Ниамей, характеризующийся высокими температурами и низкой влажностью в течение всего года.

Общая теплоотдача организма человека с дыханием испытывает заметные пространственные колебания, резко уменьшаясь при сравнении холодного и жарких климатов, что объясняется высокими температурными контрастами между Хабаровском и Сингапуром и Ниамеем. В жарком климате теплоотдача дыханием меньше, чем в холодном, и выше в сухом, чем во влажном (табл. 3). Видно, что затраты тепла на увлажнение при низких температурах в Хабаровске составляют в среднем 58 % общих теплопотерь органами дыхания, когда энергия почти в равной степени тратится как на нагревание, так и на увлажнение вдыхаемого воздуха.

Таблица 3 – Теплопотери органами дыхания в Хабаровске, Сингапуре и Ниамее, январь 2006 г.*

ГМС	Суммарные теплопотери, Вт	Теплопотери на увлажнение, Вт	Доля затрат тепла на нагревание воздуха в суммарных теплопотерях, %
Хабаровск	22,4 (± 1,11)	12,9 (± 0,01)	42 (± 2,5)
Сингапур	7,4 (± 0,49)	6,1 (± 0,33)	18 (± 3,6)
Ниамей	12,7 (± 1,12)	11,4 (± 0,46)	10 (± 6,3)

*Полученные оценки представлены в виде M ± σ, где M – средняя арифметическая, σ – среднеквадратическое отклонение

Теплоотдача в Ниамее значительно выше, чем в Сингапуре, что связано с необходимостью достаточно высоких затрат тепла на увлажнение вдыхаемого воздуха в сухом климате: здесь они увеличиваются в среднем до 90 %. В Сингапуре затраты на увлажнение значительно ниже, как и в целом суммарные теплопотери через органы дыхания, по сравнению и с Ниамеем, и тем более с Хабаровском, в связи с очень высокой влажностью теплого экваториального воздуха.

При переезде из холодных условий в тёплые АНД положительная, т.е. человек испытывает уменьшение напряжения органов дыхания, и эти величины несколько выше для влажного Сингапура (68 ± 1,6), чем для сухого Ниамея (45 ± 2,5). При возвращении назад нагрузка на организм усиливается, и высокие отрицательные значения АНД характерны как для Сингапура (−212 ± 15,4), так и для Ниамея (−82 ± 8,9), причём перемещение в холодный и сухой климат Хабаровска из жаркого и влажного требует значительно большего напряжения дыхательной системы организма, чем из жаркого и сухого[39] (рис. 7). Для сравнения приведены результаты расчётов по перемещению из Хабаровска в популярный для дальневосточников в зимнее время

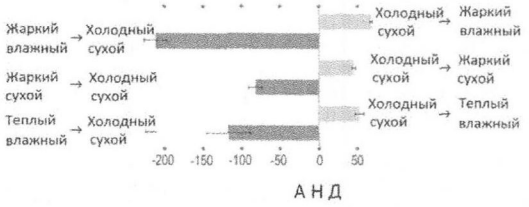


Рисунок 7 – Акклиматизационная нагрузка на органы дыхания (АНД) при перемещениях по контрастным маршрутам: из холодного сухого климата в жаркий влажный (Хабаровск – Сингапур) и назад; из холодного сухого в жаркий сухой (Хабаровск – Ниамей) и назад; холодного сухого в теплый влажный (Хабаровск – Санья) и назад

[38] de Freitas C.R., Grigorieva E.A. The Acclimatization Thermal Strain Index (ATSI): a preliminary study of the methodology applied to climatic conditions of the Russian Far East // Int. J. Biometeorol. 2009. Vol. 53. P. 307–315.

[39] de Freitas C.R., Grigorieva E.A. The impact of acclimatization on thermophysiological strain for contrasting regional climates // Int. J. Biometeorol. 2014. Vol. 58 (10). P. 2129–2137.

курорт Санья (Китай), характеризующийся влажными условиями, но с более низкими в это время температурами, чем в Сингапуре.

Индекс акклиматизационной нагрузки для межрегиональных перемещений. Располагая данными по возможным напряжениям организма, можно планировать межрегиональные перемещения по критерию минимума акклиматизационной нагрузки, выбирая определённые маршруты и время года, не производя непосредственных измерений состояния человека. Для выявления теоретически максимально возможных значений АНД проведен расчёт для температурных контрастов от +30 до −30 °С; полученные максимальные значения проранжированы в величинах от 0 до 100 по ступенчатой шкале. Предложен индекс акклиматизационной нагрузки для межрегиональных перемещений (АНМП) со значениями АНД, соответствующими каждой градации АНМП (табл. 4). В табл. 5 приведены некоторые примеры применения АНМП для перемещений, направленных из Хабаровска в зимнее время: максимальное адаптационное напряжение испытывает человек при переезде из жарких условий в холодные. При перемещениях в Анадырь и Владивосток и обратно, где январь соответствует самому холодному месяцу, АНМП минимально.

Таблица 4 – Шкала градаций индекса акклиматизационной нагрузки для межрегиональных перемещений (АНМП)

АНД*	АНМП	Адаптационное напряжение
0 – 49	0 – 19	минимальное
50 – 99	20 – 39	слабое
100 – 149	40 – 59	умеренное
150 – 199	60 – 79	большое
200 – 250	80 – 100	чрезмерное

*АНД – индекс акклиматизационной нагрузки на органы дыхания

Таблица 5 – Индекс акклиматизационной нагрузки для межрегиональных перемещений (АНМП) для передвижений из Хабаровска в зимнее время

Пункт назначения	АНМП	
	туда	обратно
Ниамей	слабое	чрезмерное
Сингапур	слабое	чрезмерное
Санья	слабое	умеренное
Анадырь	минимальное	минимальное
Владивосток	минимальное	минимальное

Хотя полученные оценки носят теоретический характер и требуют экспериментального подтверждения, тем не менее, могут использоваться для планирования межрегиональных перемещений (маршрута и времени) по критерию минимума адаптационного напряжения.

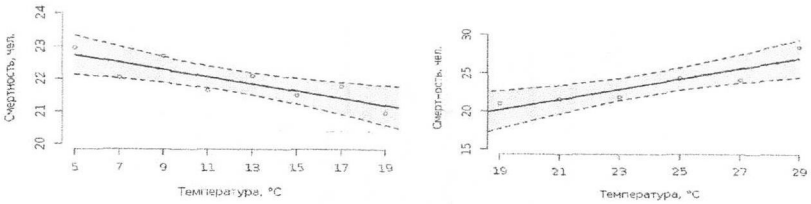
Глава 6. Климат и здоровье человека на Дальнем Востоке России

Смертность как показатель состояния популяционного здоровья. Сезонность смертности. Смертность населения является одним из основных популяционных показателей, характеризующих уровень социально-экономического развития и благополучия территорий, состояние здоровья населения, доступность и качество предоставляемой медицинской помощи.

Известно, что смертность увеличивается как при высокой, так и при низкой температуре, при этом выявляется так называемая «оптимальная» температура, при которой смертность минимальна. Эта величина зависит от климатических особенностей региона: её значение тем выше, чем теплее климат[40]. Нами предпринята попытка выявить температурный порог смертности для городов континентальной части юга Дальнего Востока.

Для характеристики зависимости смертности от температуры воздуха в течение года и в тёплый период отдельно использовался метод анализа временных рядов по суточным данным. Численность населения в г. Хабаровске на 01.01.2013 г. составляла 593,6 тыс. чел., абсолютная величина общей смертности – 22,3 ± 4,77 случая в среднем за сутки (полученные оценки здесь и далее представлены в виде M ± σ, где M – среднее арифметическое, σ – среднеквадратическое отклонение). Исследование зависимости смертности от температуры показало, что температурная кривая смертности аппроксимируется классической V-образной функцией с двумя линейными участками, соответственно ниже и выше точки минимума температурной кривой (рис. 8).

[40] McMichael A.J., Wilkinson P., Kovats R.S. [et al.]. International study of temperature, heat and urban mortality: the 'ISOTHURM' project // Int. J. Epidemiol. 2008. Vol. 37(5). P. 1121–1131; Варакина Ж.Л., Юрасова Е.Д., Ревич Б.А. [и др.]. Влияние температуры воздуха на смертность населения Архангельска в 1999–2008 гг. // Экология человека. 2011. № 6. С. 28–36; Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых регионах России // Проблемы прогнозирования. 2012. № 2. С. 122–139; Gasparrini A., Guo Y., Hashizume M. [et al.]. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study // The Lancet. 2015. Vol. 386(9991). P. 369–375.



(а) (б)

Рисунок 8 – Температурная кривая для общей смертности, г. Хабаровск, тёплый период: (а) до и (б) после оптимальной температуры[41]

В течение года минимальная общая смертность регистрируется при +19 °С, выше и ниже этого температурного порога наблюдается изменение смертности: при понижении температуры в сторону отрицательных величин летальность плавно повышается до 25 случаев при среднесуточной температуре −27 °С; при переходе к высоким температурам повышается достаточно резко до 30 случаев при +29 °С.

Для тёплого периода года предложены прогнозные уравнения смертности в зависимости от температуры до (2) и после (3) порогового значения:

$$M_1 = 23{,}28 - 0{,}110 * T_{сред} \ (R^2 = 0{,}699), \quad (2)$$

$$M_2 = 7{,}335 + 0{,}675 * T_{сред} \ (R^2 = 0{,}842), \quad (3)$$

где M_1 и M_2 – смертность до и после оптимальной температуры, соответственно, количество случаев; $T_{сред}$ – среднесуточная температура воздуха, °С. Угол наклона температурной кривой имеет смысл относительного прироста смертности на каждый градус изменения температуры[42]. Таким образом, в Хабаровске смертность увеличивается на 0,5 % (95 % ДИ 0,23 – 0,77) при понижении температуры на 1°С от пороговой величины и на 3,1 % (95% ДИ 1,74 – 4,42) – при повышении.

При анализе особенностей внутригодовой динамики показателей здоровья населения с использованием индекса сезонности выявлено, что максимальный уровень общей смертности характерен для зимнего периода в январе, минимальный – для лета в августе. Достаточно высокие вторые максимумы определены для общей и мужской смертности в мае, для лиц обоего пола – в октябре. Для населения половозрастной когорты от 65 лет и старше осенний максимум выражен еще ярче (рис. 9). Можно предположить, что активизация сезонного фактора вызвана необходимостью адаптации организма человека к межсезонным перестройкам[43].

Зимой индекс сезонности для женской смертности превышает соответствующий показатель для мужской; летом более высокие величины свойственны для мужского населения. Для лиц старше 65 лет вероятность умереть зимой примерно на 15 % выше, чем летом.

Численность населения в г. Биробиджане на 01.01.2013 г. составила 75542 чел.; абсолютная величина общей смертности – 3,5 ± 1,97 случая в среднем за сутки. Для Биробиджана изучена внутригодовая динамика смертности с использованием индекса сезонности в гендерном разрезе и отдельно для сердечно-сосудистой смертности. Выявлены максимальные значения индекса сезонности в феврале, минимальные – в августе, как для общей, так и отдельно для мужской и женской смертности. Зимой индекс сезонности для женской смертности почти на 10 % превышает соответствующий показатель для мужской смертности, в то время как летом более высокие величины наблюдаются у мужского населения.

---

[41] Григорьева Е.А. Волны тепла в Хабаровске и здоровье населения // Изв. СамНЦ РАН. 2014. Т.16, № 5(2). С. 843–846.

[42] Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска: Методические рекомендации МР 2.1.10.0057-12. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 48 с.

[43] de Freitas C.R., Grigorieva E.A. Role of acclimatization in weather–related human mortality during the transition seasons of autumn and spring in a thermally extreme mid-latitude continental climate // Int. J. Environmental Research and Public Health. 2015. Vol. 12. P. 14974–14987.

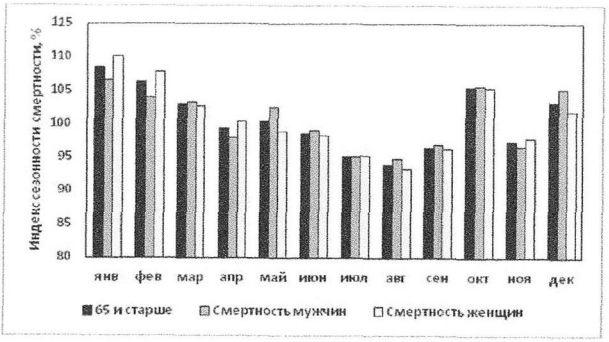


Рисунок 9 – Индекс сезонности для общей, мужской и женской смертности от всех причин смерти для *половозрастной когорты от 65 лет и старше по данным за 2000–2012 гг., г. Хабаровск*

Высокий риск развития сердечно-сосудистой смертности отмечен в зимний период с максимумом в феврале, наименьшая летальность в июле (рис. 10). Для мужчин характерно максимальное развитие сердечно-сосудистых катастроф в июне и декабре, минимальное – в августе; годовая амплитуда, т.е. разница между максимумом и минимумом, относительно небольшая и составляет 20 %. Увеличение риска сердечно-сосудистой летальности в июне, вероятно, связано с более сильным влиянием на мужское население экстремальных повышений температуры, характерных для начала лета. Для женщин наиболее высокое развитие смертельных исходов сердечно-сосудистых заболеваний выявлено в зимнее время с максимумами в декабре и феврале; минимальные величины отмечены в августе; но годовая амплитуда существенно выше, чем у мужчин, и достигает 35 %.

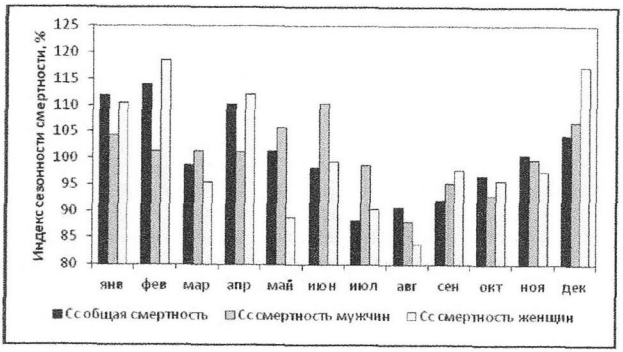


Рисунок 10 – Индекс сезонности для общей, мужской и женской смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, 2002–2012 гг., г. Биробиджан, %

Оценка влияния погоды на смертность на территории Дальнего Востока России. Сопряжённый анализ метеоданных и рядов смертности населения с использованием индекса пространственной синоптической классификации (SSC) успешно применяется на протяжении многих лет при разработке систем предупреждения влияния экстремальных температур на здоровье человека в ряде стран, включая США, Канаду, Южную Корею, Китай и Италию[44].

[44] Ebi K.L., Teisberg T.J., Kalkstein L.S. [et al.]. Heat watch/warning systems save lives: estimated costs and benefits for Philadelphis 1995–1998 // Bull. Am. Meteorol. Soc. 2004. Vol. 85. P. 1067–1073; Hondula D.M., Vanos J.K., Gosling S.N. The SSC: a decade of climate-health research and future directions // Int. J. Biometeorol. 2014. Vol. 58(2). P. 109–120.

Подход основан на выявлении так называемых «опасных» или «жёстких» воздушных масс, при прохождении которых смертность (или обращаемость в больницы) достоверно увеличивается.

В среднем за лето в Хабаровске смертность составляет 21,7 ± 5,00 случаев в сутки. Нами выявлено, что смертность повышается на 12 % по сравнению со средними значениями при нахождении города в области действия морской экстремально жаркой тропической воздушной массы, на 11 % по сравнению со средней – в континентальной тропической воздушной массе. Количество случаев смерти существенно возрастает для лиц старше 65 лет – на 23 и 15 % по сравнению со средней, соответственно. Выявлена также повторяемость в летний период «опасных» воздушных масс: 4 % для морской экстремально жаркой тропической, 10 % – для континентальной тропической.

На примере г. Хабаровска разработано уравнение прогноза дополнительной смертности в тёплый сезон, которое может являться основой для работы системы предупреждения влияния экстремально высоких температур на здоровье человека:

$$M = 18{,}836 - 0{,}007\ TOS - 0{,}13\ T_{сред} + 0{,}384\ DTR + 0{,}321\ AT \qquad (R^2 = 0{,}494), \qquad (5)$$

где M – смертность, случ. сут.$^{-1}$; TOS – день от начала сезона, $T_{мин}$, $T_{сред}$, $T_{макс}$ – температура воздуха минимальная, средняя и максимальная, °C; DTR – амплитуда температуры воздуха, $DTR = T_{макс} - T_{мин}$, °C; AT – Приведённая температура по Стедману в 15 час, °C. Таким образом, основными предикторами повышенной летальности выступают температура воздуха и её суточная амплитуда, приведённая температура, а также фактор акклиматизации в течение сезона к высоким температурам воздуха.

Предложена схема функционирования системы предупреждения влияния экстремально высоких температур на здоровье человека с использованием прогностической метеоинформации для выявления возможной «избыточной» смертности в период наступления «жёстких» погод и определения уровня опасности. Первый уровень «наблюдение» предполагает усиление контроля над ситуацией, второй уровень – необходимость «реагирования», т.е. принятия решения об оповещении и помощи населению; далее прогноз передается в местные службы.

Неблагоприятные погодные факторы, влияющие на формирование кардиореспираторной патологии. Сезонные и резкие межсуточные изменения метеорологических условий оказывают неблагоприятное воздействие на течение ряда заболеваний у человека, способствуют перенапряжению и срыву механизмов адаптации и, как следствие, обострению болезни и даже летальному исходу. В связи с этим нами изучены сезонные изменения погоды как фактор риска формирования кардиореспираторной патологии в г. Биробиджане.

Установлено, что межсезонные изменения среднемесячных величин основных метеорологических параметров соответствуют особенностям их динамики в муссонном климате умеренных широт. Нами показано, что переходные сезоны характеризуются значительными межсуточными перепадами температуры воздуха и атмосферного давления выше пороговых значений (рис. 11)[45], что может приводить к обострению кардиореспираторных заболеваний[46]. Как видно, повторяемость дней с изменением всех метеопараметров выше пороговых значений больше зимой и в переходные сезоны: по температуре – весной и в сентябре, по атмосферному давлению – весной и в октябре, по всем метеопараметрам – в ноябре и декабре. Изменения в содержании кислорода в воздухе, с 90 % вероятностью превышающие пороговую величину 8 г м$^{-3}$, наблюдаются с ноября по март.

Известно, что организм человека приспосабливается к жаре летом и холоду зимой, а осенью и весной адаптационное напряжение, связанное с необходимостью сезонных перестроек, возрастает. Это особенно ощутимо в регионах с континентальным климатом и ярко выраженными летним и зимним периодами, характеризующимися контрастными погодными условиями и

[45] Григорьева Е.А., Кирьянцева Л.П. Кардиореспираторная патология, вызываемая сезонными изменениями погоды, и меры по её профилактике // Информационный бюллетень «Здоровье населения и среда обитания». 2016. № 2. С. 7–10.

[46] Ревич Б.А. Шапошников Д.В., Галкин В.Т. [и др.]. Воздействие высоких температур атмосферного воздуха на здоровье населения в Твери // Гигиена и санитария. 2005. № 2. С. 20–24; Смирнова М.Н., Горбунов В.М., Андреева Г.Ф. [и др.]. Влияние сезонных метеорологических факторов на заболеваемость и смертность населения от сердечно-сосудистых и бронхолегочных заболеваний // Профилактическая медицина. 2012. № 6. – С. 76–86; Емелина С.В., Рубинштейн К.Г., Гурьянов В.В. [и др.]. Влияние краткосрочных изменений погоды на людей с ишемической болезнью сердца в г. Набережные Челны // Метеорология и гидрология. 2015. № 12. С. 87–94; Liu Y., Guo Y., Wang C. [et al.]. Association between Temperature Change and Outpatient Visits for Respiratory Tract Infections among Children in Guangzhou, China // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2015. Vol. 12. P. 439–454.

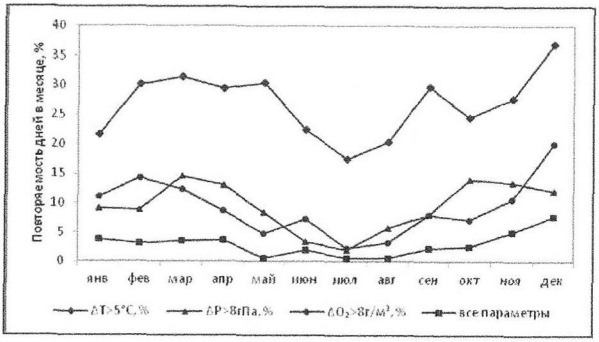


Рисунок 11 – Внутригодовая динамика повторяемости дней в месяце с изменениями метеопараметров, превышающими пороговые величины, г. Биробиджан

высокой амплитудой годовых колебаний температуры[47].

Для изучения особенностей акклиматизации организма к сезонным изменениям в течение года в одном населенном пункте нами предложено рассматривать изменение теплопотерь органами дыхания в некоторый период времени по сравнению с предыдущим[48]:

$$АНД_i = 100\,(Q_{i-1} - Q_i) / Q_{i-1}, \qquad (5)$$

где Q_i (Вт) – теплопотери органами дыхания в i-момент времени (в i-месяц), Q_{i-1} (Вт) – потери тепла в предыдущий период, в (i – 1)-месяц, в данном населенном пункте. В этом случае выявляется возможная акклиматизационная нагрузка на органы дыхания при межсезонном изменении погоды от месяца к месяцу.

В годовой динамике акклиматизационной нагрузки на органы дыхания для Биробиджана определено два пика, характерных для весны при переходе от марта к апрелю и для осени – от сентября к октябрю (рис. 12). Главный максимум проявляется в осенний период со знаком

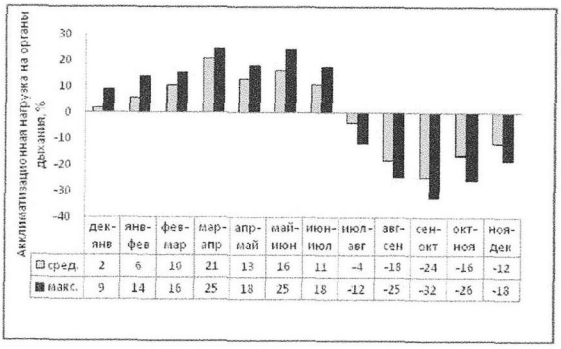


Рисунок 12 – Акклиматизационная нагрузка на органы дыхания при межсезонных изменения погоды, Биробиджан, %

[47] Davis R.E., Knappenberger P.C., Michaels P.J., Novicoff W.M. Seasonality of climate-human mortality relationships in US cities and impacts of climate change // Clim. Res. 2004. Vol. 26. P. 61–76; Варламова Н.Г., Евдокимов В.Г., Бойко Е.Р. [и др.]. Функция внешнего дыхания у молодых мужчин Европейского Севера в годовом цикле // Физиология человека. 2008. Т. 34. № 6. С. 85–91.

[48] Григорьева Е.А., Кирьянцева Л.П. Погодные условия как фактор риска развития болезней органов дыхания населения и меры по их профилактике на примере студенческой молодежи // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2014. Вып. 51. С. 62–68.

«минус», что обусловлено переходом к более суровым и холодным погодным условиям. Подобная динамика выявлена и для Хабаровска[49].

Глава 7. Волны тепла и смертность населения на Дальнем Востоке России

Подходы к определению волн тепла. С точки зрения здоровья человека, волна тепла – это период, в который наблюдается чрезмерное напряжение терморегуляторного аппарата, повышенный риск заболеваемости и смертности. Нами проанализированы имеющиеся в литературе определения волн тепла; все они сведены в три группы, различающиеся качественными и количественными (абсолютными и относительными) характеристиками. Недостатком количественного подхода с использованием абсолютного температурного порога (например, превышение среднесуточной температуры на 5° С по сравнению с нормой) является проблематичность сравнения результатов для разных территорий и разных периодов осреднения, особенно в случае меняющегося климата[50]. Таким образом, наиболее актуальна апробация подхода с использованием относительного порога, основанного на выявлении периодов с превышением определенного процентиля распределения температуры воздуха.

Волны тепла и смертность населения в г. Хабаровске. Детальный анализ коротких погодных эпизодов позволяет определить относительный риск смертности в период значительных колебаний температуры. Для изучения особенностей динамики смертности населения при резких скачках температуры воздуха нами использовалось несколько определений волны тепла. Решение о прохождении волны определялось по критерию превышения 95 % процентиля распределения температур, оцененных по наблюдениям за изучаемый период 2000–2012 гг. в тёплое время года (с мая по сентябрь) и для лета (с июня по август), в пяти вариантах в зависимости от длительности волны. В первом варианте экстремальные температуры наблюдались в течение одного дня и более, во втором и последующих – два, три, четыре, пять дней и более, соответственно. Исследовались отдельно минимальные, средние и максимальные температуры за каждые сутки для тёплого сезона и лета и с временным сдвигом в один день. В итоге изучалась смертность во время прохождения волн с использованием 60 определений экстремальных температур.

В среднем в тёплый период года в Хабаровске смертность составляла 21,9 ± 5,00 случаев в сутки. Нами выявлено, что в месяцы с мая по сентябрь повышенная смертность – 25,6 ± 5,85 случаев за сутки – регистрируется, если волна тепла определяется по превышению 95 % процентиля максимальными температурами при длительности волны три дня и более. Всего за 2000–2012 гг. наблюдалось 17 таких эпизодов. В то же время, анализ смертности в летний сезон показал, что повышенная летальность отмечалась, если волна определялась по средней за сутки температуре при разной её длительности. При этом максимальная смертность – 26,5 случаев – наблюдалась при длительности волны пять суток и более, что на 22 % выше среднего для лета значения. За период с 2000 по 2012 гг. выявлено четыре таких эпизода – в августе 2005, июле 2007, июне 2010 г.; максимальная длительность и интенсивность отмечена в июле 2011 г., когда волна тепла проходила в течение 11 дней, а смертность оказалась на 35 % выше среднего значения, что составило 8 случаев дополнительной смертности в день.

Пространственно-временной анализ волн тепла в континентальной части юга Дальнего Востока показал, что наименьшее число волн регистрировалось в 1960–1969 гг., наибольшее 1980–1989 гг. с максимальным количеством на континентальных станциях; во всех случаях самые длинные волны оказывались наиболее интенсивными (рис. 13).

Максимальные значения длительности и интенсивности отмечались в июле 2011 г., когда волна тепла проходила в течение месяца, охватила обширную территорию на севере и в центральной части региона (рис. 14).

Итак, в условиях континентального муссонного климата в тёплый период года волны тепла лучше всего определяются по максимальной температуре, летом – по среднесуточной с использованием количественного вероятностного подхода.

---

[49] de Freitas C.R., Grigorieva E.A. Role of acclimatization in weather-related human mortality during the transition seasons of autumn and spring in a thermally extreme mid-latitude continental climate // Int. J. Environmental Research and Public Health. 2015. Vol. 12. P. 14974–14987.

[50] Radinovic D., Curic M. Criteria for heat and cold wave duration // Theoretic. Appl. Climatol. 2012. Vol. 97(3–4). P. 505–510.

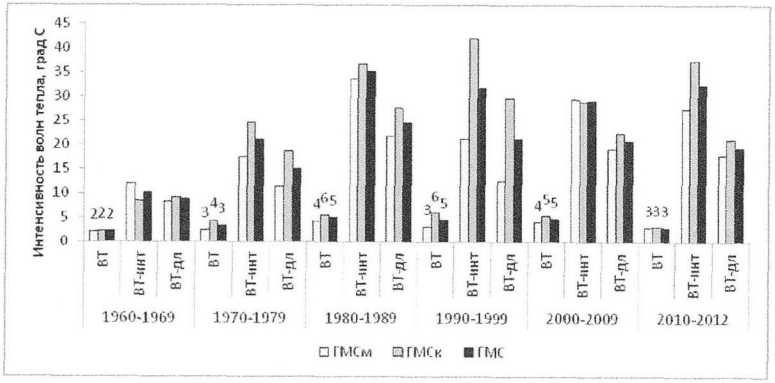


Рисунок 13 – Число волн тепла, их интенсивность (°С) и продолжительность (дни) по десятилетиям для всех гидрометеостанций (ГМС), отдельно для континентальных (ГМСк) и морских (ГМСм)

Совокупность выносимых на защиту теоретических положений и полученных результатов позволяет утверждать, что в ходе диссертационного исследования предложен универсальный набор методик для проведения комплексной биоклиматической оценки среды обитания с учётом медико-биологических аспектов. На основе этих методик разработан и успешно апробирован принципиально новый подход к решению крупной научной проблемы экологии человека – количественному описанию взаимосвязи климата и жизнедеятельности человека на разных территориальных уровнях. Разработанная новая классификация биоклиматических индексов, предназначенных для характеристики теплового состояния человека, значительно обогащает теоретические основы экологической климатологии.

Главным теоретическим итогом работы является выведение на новый уровень исследований в системе «Климат и погода – Жизнедеятельность человека» с использованием территориального, комплексного, системного и экологического научных подходов.

ВЫВОДЫ

1. Разработана новая классификация биоклиматических индексов, которые проранжированы на основании количественных и качественных показателей (температурный диапазон; другие метеофакторы: влажность, ветер, облачность, солнечная радиация; сложность модели теплового баланса и др.) и критериев (валидность, практичность, аргументированность, актуальность, полнота или завершённость схемы, диапазон использования).

2. На территории континентальной части Дальнего Востока наиболее адекватным для оценки биоклиматических условий является индекс Нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ), который основан на использовании доступных климатических данных (температура и влажность воздуха, скорость ветра) и прост в расчётах, но, в то же время, даёт интегральную оценку климатической дискомфортности и позволяет выявить её пространственно-временные характеристики. Так, в январе почти вся территория попадает в жёстко холодную зону с НЭЭТ ниже −45 °С, опускаясь в отдельных районах на севере и на побережье морей ниже −50 °С, что до 30 °С ниже реальных температур.

3. На мезоуровне оптимально отражает особенности биоклиматических условий индекс Физиологической эквивалентной температуры (PET), построенный на применении климатических данных (температура и влажность воздуха, скорость ветра и облачность) и физиологического состояния человека, как для отдельных сезонов, так и для года в целом. На юге Дальнего Востока среднегодовое значение PET изменяется в пространстве от +5 до −5 °С, в горах и на севере понижается до −10 °С; горные местности и речные долины выделяются нарушением широтного распределения температур с пониженным по сравнению с окружающими территориями фоном PET.

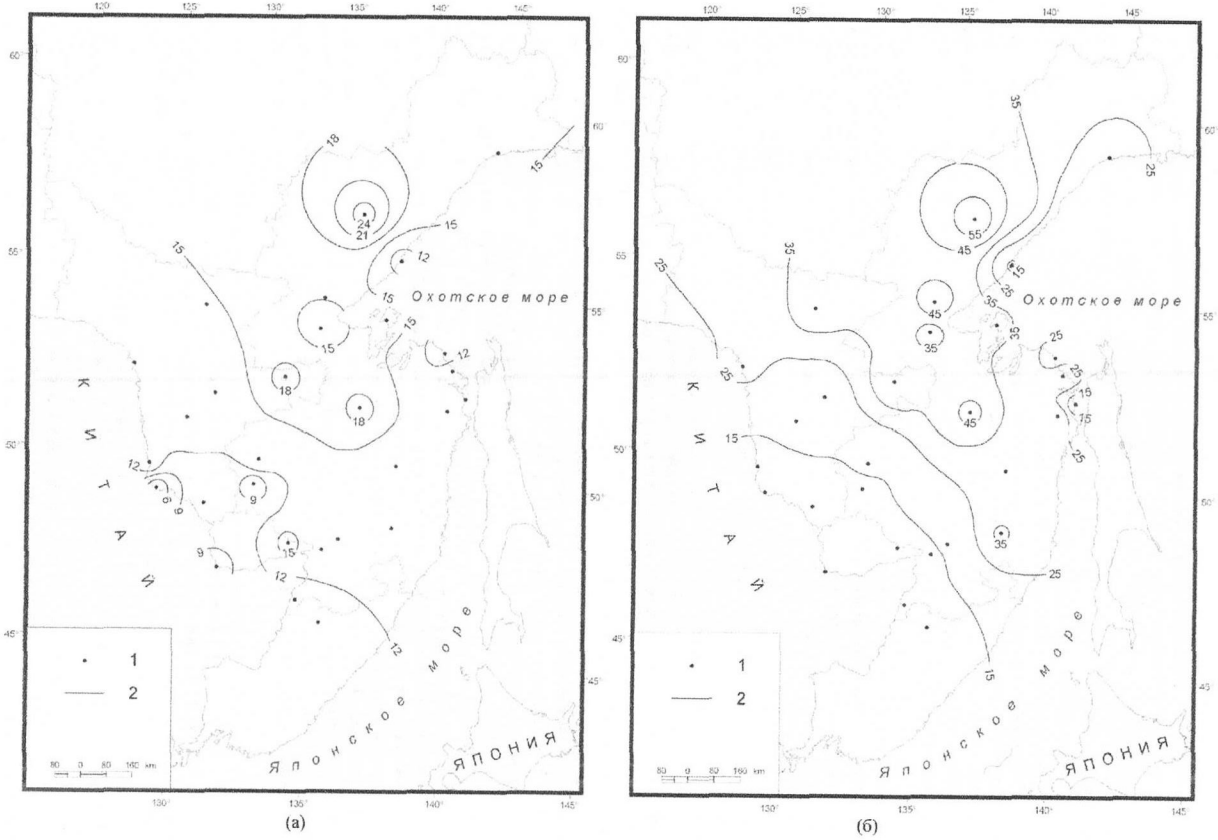


Рисунок 14 – Пространственное распределение основных характеристик волны тепла, наблюдавшейся в континентальной части юга Дальнего Востока в июле-августе 2011 г.: 1 – гидрометеостанция; 2 – изолинии (а) длительности волны, дни; (б) интенсивности волны, °С

4. На микроуровне индекс Физиологической эквивалентной температуры (PET), рассчитанный по погодным данным, позволяет выявить периоды в течение суток и года, благоприятные для жизнедеятельности человека. Для урбанизированных территорий в умеренном климате Дальнего Востока в зимнее время (январь) ночью PET может понижаться до −45 °C, отражая условия исключительно сильного холодового стресса, днём – повышаться до −5 °C; летом комфортные температуры наблюдаются ночью и в утренние часы, а в послеполуденное время PET может повышаться до 45 и даже до 50 °C, выходя в категорию исключительного теплового стресса.

5. Разработан индекс акклиматизационной нагрузки для межрегиональных перемещений (АНМП). При переезде человека из холодных условий в жаркие напряжение органов дыхания уменьшается; при возвращении нагрузка на организм усиливается, причем перемещение в холодный и сухой климат из жаркого и влажного требует значительно бóльшего напряжения дыхательной системы, чем из жаркого и сухого. При планировании переездов необходимо учитывать АНМП, выбирая время и маршрут передвижения по критерию минимума адаптационного напряжения организма.

6. В городах континентальной части юга Дальнего Востока максимальная общая смертность населения характерна для зимы, минимальная – для лета; вторые максимумы выявлены в переходные сезоны с более яркой выраженностью осеннего. Для лиц трудоспособного возраста летальность максимальна осенью, для возрастной когорты старше 65 лет – зимой. Активизация сезонного фактора вызвана усилением адаптационного напряжения в период межсезонных перестроек.

7. Установлено, что температурная кривая смертности в г. Хабаровске аппроксимируется классической V-образной функцией с «оптимальной» температурой минимальной смертности, равной +19° C.

8. В тёплый период года наиболее неблагоприятны для здоровья человека морские и континентальные тропические воздушные массы. В области действия морской экстремально жаркой тропической воздушной массы общая смертность повышается на 12%; при прохождении континентальной тропической – на 11 %. Для возрастной когорты старше 65 лет смертность возрастает на 23 и 15% соответственно. Температура воздуха, её суточная амплитуда, приведённая температура, а также акклиматизация в течение сезона к высоким температурам являются основными предикторами повышенной летальности.

9. Установлено, что в южной части Дальнего Востока летом волна тепла лучше всего определяется по превышению 95 % процентиля многолетнего распределения среднесуточных температур в течение трех и более дней, при этом смертность может увеличиваться на 35–40 %. Наименьшее число волн тепла в регионе регистрировалось в 1960–1969 гг., наибольшее – в 1980–1989 гг. с максимальным количеством на континентальных станциях; во всех случаях самые длительные волны оказывались наиболее интенсивными. Максимальная длительность и интенсивность отмечалась в июле 2011 г., когда волна тепла проходила в течение месяца, охватив обширную территорию на севере и в центральной части региона.

10. Выявленные закономерности влияния погоды на показатели популяционного здоровья – определение «оптимальной» температуры минимальной смертности, выявление особенностей изменения смертности в тёплый сезон в целом и при прохождении волн тепла – могут быть использованы для совершенствования организации медицинской помощи населению.

Список основных публикаций по теме диссертации

Статьи в ведущих рецензируемых научных журналах:

1. de Freitas, C.R. The Acclimatization Thermal Strain Index (ATSI): a preliminary study of the methodology applied to climatic conditions of the Russian Far East / C.R. de Freitas, **E.A. Grigorieva** // Int. J. Biometeorol. – 2009. – Vol. 53. P. – 307–315.

2. **Grigorieva, E.A.** Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude / E.A. Grigorieva, A. Matzarakis, C.R. de Freitas // Climate Research. – 2010. – Vol. 42. – P. 143–154. DOI 10.3354/cr00888.

3. Bauche, J.P. Human-Biometeorological Assessment of Urban Structures in Extreme Climate Conditions: The Example of Birobidzhan, Russian Far East / J.P. Bauche, **E.A. Grigorieva**, A. Matzarakis // Advances in Meteorology. – 2013. – Vol. 2013. – Article ID 749270. 10 p. http://dx.doi.org/10.1155/2013/749270.

4. **Grigorieva, E.A.** Temporal dynamics of precipitation in an extreme mid-latitude monsoonal climate /

E.A. Grigorieva, C.R. de Freitas // Theor. Appl. Climatol. – 2014. – Vol. 116(1). – P. 1–9.

5. de Freitas, C.R. The impact of acclimatization on thermophysiological strain for contrasting regional climates / C.R. de Freitas, **E.A. Grigorieva** // Int. J. Biometeorol. – 2014. – Vol. 58 (10). – P. 2129–2137.

6. de Freitas, C.R. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices / C.R. de Freitas, **E.A. Grigorieva** // Int. J. Biometeorol. – 2015a. – Vol. 59. – P. 109-120.

7. de Freitas, C.R. Role of acclimatization in weather-related human mortality during the transition seasons of autumn and spring in a thermally extreme mid-latitude continental climate / C.R. de Freitas, **E.A. Grigorieva** // Int. J. Environmental Research and Public Health. – 2015b. – Vol. 12. – P. 14974–14987.

8. de Freitas, C.R. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices / C.R. de Freitas, E.A. **Grigorieva** // Int. J. Biometeorol. – 2016. – DOI 10.1007/s00484-016-1228-6.

9. **Григорьева, Е.А.** Оценка дискомфортности климата Еврейской автономной области / Е.А. Григорьева // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2003. – № 147. – С. 1791–1800. (http// zhurnal.apc.relarn.ru/articles/2003/147.pdf).

10. **Григорьева,** Е.А. Дискомфортность климата Еврейской автономной области / Е.А. Григорьева, Н.К. Христофорова // География и природные ресурсы. – 2004. – № 4. – С. 101–104.

11. **Григорьева,** Е.А., Тунеголовец В.П. Об изменении некоторых климатических характеристик на территории юга Дальнего Востока во второй половине XX века / Е.А. Григорьева // География и природные ресурсы. – 2004. – Специальный выпуск. – С. 296–301.

12. **Григорьева,** Е.А. Методические подходы к оценке пространственно-временной динамики самоочищающей способности атмосферы южной части Дальнего Востока / Е.А. Григорьева, Л.Н. Деркачева, В.П. Тунеголовец // Проблемы региональной экологии. – 2005. – № 3. – С. 33–38.

13. **Григорьева,** Е.А. Использование индекса физиологически эквивалентной температуры для оценки воздействия климата на человека в южных районах Российского Дальнего Востока / Е.А. Григорьева, А. Мацаракис // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2008а. – № 3 (23). Прил. 2. – С. 373.

14. **Григорьева,** Е.А. Использование индекса физиологически эквивалентной температуры при исследовании климата городских территорий в экстремальных климатических условиях / Е.А. Григорьева, А. Мацаракис // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2008б. – № 3 (23). Прил. 2. – С. 374.

15. **Григорьева,** Е.А. Оценка чувствительности теплового состояния человека к климатическим изменениям / Е.А. Григорьева, К.Р. де Фрейтас // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2008. – № 3 (23). Прил. 2. – С. 377-378.

16. **Григорьева, Е.А.** Акклиматизационные аспекты рекреации на юге Дальнего Востока России / Е.А. Григорьева // Вестник РУДН: серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». – 2008а. – № 2. – С. 18–23.

17. **Григорьева,** Е.А. Изменчивость погоды в Еврейской автономной области как фактор риска здоровью населения / Е.А. Григорьева // Известия СамНЦ РАН. – 2009а. – Т. 11(27), № 1(6). – С. 1127-1131.

18. **Григорьева, Е.А.** Феноклиматические исследования в заповеднике «Бастак» / Е.А. Григорьева // Проблемы региональной экологии. – 2009б. – № 6. – С. 184–188.

19. **Григорьева,** Е.А. Оценка пригодности климата региона для спортивно-оздоровительной рекреации / Е.А. Григорьева, Д.М. Фетисов // Проблемы региональной экологии. – 2009. – № 6. – С. 211–216.

20. **Григорьева, Е.А.** Интегральная оценка эколого-климатических условий Еврейской автономной области / Е.А. Григорьева // Вестник РУДН: серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». – 2010а. – № 3. – С. 60–70.

21. **Григорьева, Е.А.** Пространственно-временная динамика основных показателей влагообеспеченности на юге Дальнего Востока / Е.А. Григорьева // Аграрная наука. – 2010б. – № 2. – С. 9–10.

22. **Григорьева, Е.А.** Акклиматизационная нагрузка на органы дыхания при межширотных перемещениях в климатических условиях Дальнего Востока России / Е.А. Григорьева // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2011. – № 3. – С. 83–88.

23. Клинская, Е.О. Погодные условия Еврейской автономной области как фактор риска развития заболеваний органов дыхания населения / Е.О. Клинская, **Е.А. Григорьева** // Вестник РУДН: серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». – 2011. – № 3. – С. 45–49.

24. **Григорьева, Е.А.** Оценка теплоизоляционных свойств одежды человека в климатических условиях Дальнего Востока России / Е.А. Григорьева // Изв. СамНЦ РАН. – 2012. – Т.14, № 5(3). – С. 534–537.

25. **Григорьева, Е.А.** Сезонная динамика показателей смертности населения города Биробиджана / Е.А. Григорьева, Л.Б. Суховеева // Изв. СамНЦ РАН. – 2013. – Т.15, № 3(6). – С. 1756–1759.

26. **Григорьева, Е.А.** Временная динамика количества атмосферных осадков в Хабаровске / Е.А. Григорьева, Н.Я. Чичик // Ученые записки РГГМУ. - 2013. – № 331. - С. 57-64.

27. **Григорьева, Е.А.** Погодные условия как фактор риска развития болезней органов дыхания населения и меры по их профилактике на примере студенческой молодежи / Е.А. Григорьева, Л.П. Кирьянцева // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2014. - Вып. 51. – С. 62-68.

28. **Григорьева, Е.А.** Волны тепла в Хабаровске и здоровье населения / Е.А. Григорьева // Изв. СамНЦ РАН. – 2014а. – Т.16, № 5(2). – С. 843–846.

29. Данова, Т.Е. Современная динамика летних осадков на юге Дальнего Востока России / Т.Е. Данова, **Е.А. Григорьева**, А.С. Густенко // Научные ведомости БелГУ. Серия: естественные науки. – 2014. – Т. 29, № 23(194). – С. 172–179.

30. **Григорьева, Е.А.** Физиологический аспект в технологической оценке пригодности климата региона для спортивно-оздоровительной рекреации / Е.А. Григорьева, Д.М. Фетисов // Вестник ТГУ. – 2015. – № 393. – С. 218–223.

31. Данова, Т.Е. Динамика количества осадков на территории юга Дальнего Востока России по результатам компонентного анализа / Данова Т.Е., **Е.А. Григорьева** // География и природные ресурсы. – 2015. – № 3. – С. 146–154.

32. **Григорьева, Е.А.** Кардиореспираторная патология, вызываемая сезонными изменениями погоды, и меры по её профилактике / Е.А. Григорьева, Л.П. Кирьянцева // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – № 2. – С. 7–10.

Публикации в других периодических изданиях:

33. **Grigorieva, E.** Change of climate on the south of the Russian Far East in the second half of the 20th century / E. Grigorieva, V. Tunegolovets // Annalen der Meteorologie. – 2005. – N. 41. Vol.1. – P. 209–212.

34. **Григорьева, Е.А.** Особенности пространственно-временной динамики основных показателей влагообеспеченности в Еврейской автономной области / Е.А. Григорьева // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – Одеса: Екологія, 2008б. – № 50, ч.2. – С. 431–436.

35. **Grigorieva, E.A.** Physiologically equivalent temperature as a factor for tourism in extreme climate regions in the Russian Far East: Preliminary results / E.A. Grigorieva, A. Matzarakis // European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation. – 2011. – Vol. 2, Issue 3. – P. 127–142.

36. Суховеева, А.Б. Межгодовая и сезонная динамика показателей смертности населения в Еврейской автономной области и городе Биробиджане / А.Б. Суховеева, **Е.А. Григорьева** // Региональные проблемы. – 2013. – Т. 16, № 2. – С.131–136.

37. **Григорьева, Е.А.** Волны тепла в Хабаровске – подходы к определению / Е.А. Григорьева // Региональные проблемы. – 2014б. – Т. 17, № 1. – С. 43–48.

Материалы всероссийских и международных конференций и симпозиумов:

38. **Grigorieva, E.** Estimation of climatic resources for summer sport recreation in the Jewish Autonomous Region / E. Grigorieva, D. Fetisov // Developments in Tourism Climatology; A. Matzarakis, C.R. de Freitas, D. Scott (eds.). – Freiburg: CCTR, ISB, 2007. – P. 87-92.

39. **Grigorieva, E.** Acclimatization demands of recreationists moving within the southern region of the Russian Far East / E. Grigorieva // Developments in Tourism Climatology; A. Matzarakis, C.R. de Freitas, D. Scott (eds.). – Freiburg: CCTR, ISB, 2007. – P. 214-220.

40. **Grigorieva, E.A.** Thermal bioclimate analysis with physiologically equivalent temperature for the southern region of the Russian Far East / E.A. Grigorieva, A. Matzarakis // Proc. of the Congress "Climate and human health". – St-Petersburg, 2008a. – P. 18.

41. **Grigorieva, E.A.** Application of physiologically equivalent temperature for urban bioclimate investigations in extreme climate region / E.A. Grigorieva, A. Matzarakis // Proc. of the Congress "Climate and human health". – St-Petersburg, 2008b. – P.18–19.

42. **Grigorieva, E.A.** Human thermal sensitivity to climatic change and variability / E.A. Grigorieva, C.R. de Freitas // Proc. of the Congress "Climate and human health". – St-Petersburg, 2008. – P. 22–23.

43. **Григорьева, Е.А.** Анализ комплексных показателей климатической комфортности урбанизированных территорий Дальнего Востока России / Е.А. Григорьева // М-лы V Международ. конф. «Экогидромет-2009», Санкт-Петербург, 7-9 июля 2009 г. – СПб.: КриемасПлюс, 2009. – С. 149–151.

44. de Freitas, C.R. Prediction of acclimatization thermal loading for climatic extremes / C.R. de Freitas, **E.A. Grigorieva** // Proc. of the 7th Conference on Biometeorology; A. Matzarakis, H. Mayer and F.-M. Chmielweski (eds.). – Freiburg, 2010. – P. 364–369.

45. **Grigorieva, E.A.** Application of Physiologically equivalent temperature for assessment of extreme climate regions at the Russian Far East / E.A. Grigorieva, A. Matzarakis // Proc. of the 7th Conference on Biometeorology; A. Matzarakis, H. Mayer and F.-M. Chmielewski (eds.). – Freiburg, 2010b. – P. 386–391.

46. **Grigorieva, E.A.** Assessing biometeorological impacts of short-term adaptation to thermal extremes / E.A. Grigorieva, C.R. de Freitas // Proc. of the 19th International Congress of Biometeorology, 04-08 December, 2011. – New Zealand, Auckland: International Society of Biometeorology. – 2011. – P. 197 (1–6).

47. **Grigorieva, E.A.** Clothing insulation for thermal comfort in climates of extreme cold: A comparison of two schemes for the case of the Russian Far East / E.A. Grigorieva // Proc. of the 19th International Congress of Biometeorology, 04-08 December, 2011. – New Zealand, Auckland: International Society of Biometeorology. – 2011. – P. 195 (1–6).

48. **Grigorieva, E.A.** Analysis of regional climate changes using growing-degree day: the case of the Russian Far East / E.A. Grigorieva // Workshop Proceedings "FEB RAS –AASSA Regional Workshop on Impacts and Mitigation of Climate Change in Asia and Oceania", July 29-August 2, 2012, Vladivostok, Russia. – Vladivostok: FEB RAS, 2012. P. – 85–94.

49. **Григорьева, Е.А.** Оценка климатических контрастов при межширотных перемещениях / Е.А. Григорьева // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов; под ред. проф. Ю.П. Переведенцева, проф. В.В. Сироткина, проф. В.А. Рубцова, проф. И.Т. Гайсина. – Казань: Изд-во «Отечество», 2013а. – Том II. – С. 16–19.

50. **Григорьева, Е.А.** Биоклиматические особенности территории как ресурс развития туризма / Е.А. Григорьева // М-лы Международ. конф. «Регионы нового освоения: экологическая политика в стратегии развития», г. Хабаровск, 1-3 октября 2013 г. – Хабаровск, 2013б. – С. 334–340.

51. **Grigorieva, E.A.** Spatial-temporal analysis of air temperatures in the southern part of the Russian Far East / E.A. Grigorieva, L.S. Kalkstein, K.V. Shlufman // Proc. Annual Meeting of the Association of American Geographers, Los-Angeles, April 9-13, 2013. Los-Angeles, 2013. http://meridian.aag.org/callforpapers/program/AbstractDetail.cfm?AbstractID=51910

52. Суховеева, А.Б. Сезонные изменения температуры как фактор риска повышенной смертности населения / А.Б. Суховеева, **Е.А. Григорьева** // М-лы XVIII науч. конфер. молодых географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 27-31 мая 2014 г.). – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. – С. 213–215.

53. **Grigorieva, E.A.** Spatial analysis of synoptic climatology for summer in the southern part of the Russian Far East / E.A. Grigorieva, L.S. Kalkstein, S.C. Sheridan, J.K. Vanos, D.M. Fetisov // Proc. Annual Meeting of the Association of American Geographers, Tampa, April 8-12, 2014. Los-Angeles, 2014a. http://meridian.aag.org/callforpapers/program/AbstractDetail.cfm?AbstractID=57416

54. **Grigorieva, E.A.** Summer mortality and synoptic climatology in Khabarovsk / .A. Grigorieva L.S. Kalkstein, S.C. Sheridan, J.K. Vanos // Proc. of the 20th International Congress of Biometeorology in 2014, September, 28 – October, 02, 2014. Cleveland, U.S.A.: International Society of Biometeorology, 2014b. https://ams.confex.com/ams/ICB2014/webprogram/Paper252758.html

55. **Grigorieva, E.** Acclimatization Thermal Strain Index for Tourism (ATSIT): a means for assessing human health impacts of travel between contrasting climates / E. Grigorieva, C.R. de Freitas // Proc. 4th International Conference on Climate, Tourism and Recreation – CCTR2015. Sabanci University and Boğaziçi University, Istanbul, Turkey, 17-19 September, 2015. – P. 9–10.

56. **Grigorieva, E.A.** Human Mortality and Climate in Khabarovsk, Russian Far East / E.A. Grigorieva // Proc. Int. Symposium 2015 on "Global Health Issues in Asia", October 19-21, 2015, Daejeon, Republic of Korea. – Daejeon: KAST and AASSA, 2015. – P. 318–335.

Григорьева Елена Анатольевна

КЛИМАТ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Специальность: 03.02.08 – Экология (биологические науки)