УДК 504.064.36:614.7

СОВРЕМЕННЫЕ ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Аманова С.Д.

заведующая кафедрой медицинской гигиены и экологии,

Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева,

Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. В статье рассматриваются методологические и прикладные проблемы гигиенической и экологической оценки рисков здоровью населения, обусловленных глобальными климатическими изменениями. Особое внимание уделено кумулятивным эффектам сочетанного воздействия антропогенных загрязнителей атмосферного воздуха, аномальных температурных волн и трансформации природных экосистем. Цель исследования заключается в разработке концептуальных подходов к предиктивному мониторингу эколого-гигиенических детерминант заболеваемости и совершенствованию профилактических мероприятий. Методологическую базу составили системный анализ, методы математического моделирования экспозиции, эпидемиологического слежения и количественная оценка канцерогенных и неканцерогенных рисков. Полученные результаты демонстрируют существенное возрастание уязвимости урбанизированных и сельских территорий, что требует пересмотра действующих нормативов допустимой антропогенной нагрузки с учетом климатического фактора.

Ключевые слова: оценка риска, изменение климата, гигиеническая безопасность, экологический мониторинг, здоровье населения, тепловые волны, атмосферные поллютанты, адаптационный потенциал, экосистемные детерминанты.

MODERN HYGIENIC AND ECOLOGICAL ASPECTS OF POPULATION HEALTH RISK ASSESSMENT IN A CHANGING CLIMATE

Amanova S.D.
Head of the Department of Medical Hygiene and Ecology,
Myrat Garryyev State Medical University of Turkmenistan,
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. The article examines the methodological and applied problems of hygienic and environmental assessment of public health risks caused by global climate change. Special attention is paid to the cumulative effects of the combined impact of anthropogenic air pollutants, abnormal temperature waves, and the transformation of natural ecosystems. The purpose of the study is to develop conceptual approaches to predictive monitoring of ecological and hygienic determinants of morbidity and to improve preventive measures. The methodological basis consists of system analysis, methods of mathematical exposure modeling, epidemiological surveillance, and quantitative assessment of carcinogenic and non-carcinogenic risks. The obtained results demonstrate a significant increase in the vulnerability of urban and rural areas, which requires a revision of current standards for permissible anthropogenic load taking into account the climatic factor.

Keywords: risk assessment, climate change, hygienic safety, environmental monitoring, public health, heat waves, atmospheric pollutants, adaptive capacity, ecosystem determinants.

Введение

Трансформация глобальной климатической системы Земли за последние десятилетия приобрела беспрецедентные темпы, оказывая глубокое, системное влияние на биосферу, структуру заболеваемости и демографические показатели человеческой популяции. Традиционные подходы профилактической медицины и гигиены окружающей среды, сформировавшиеся во второй половине XX века на основе стационарных санитарно-гигиенических нормативов (предельно

допустимых концентраций — ПДК, ориентировочно безопасных уровней воздействия — ОБУВ), сегодня сталкиваются с необходимостью кардинальной адаптации к принципиально новым вызовам антропоцена. Изменение климата выступает не столько изолированным фактором риска, сколько мощным синергетическим катализатором, многократно усиливающим токсическое, мутагенное и стрессорное воздействие факторов среды обитания на организм человека [4, с. 14].

Особую тревогу мирового научного сообщества вызывает феномен сочетанного действия метеорологических аномалий (высоких температур воздуха, жесткого ультрафиолетового излучения, дефицита влажности) и химического загрязнения атмосферы урбанизированных и индустриальных территорий. В условиях учащения экстремальных погодных явлений, таких как тепловые волны (heat waves), изменяются физико-химические свойства атмосферных поллютантов, скорость их фотохимической деструкции, а также пути трансграничного и локального переноса. Классические алгоритмы оценки риска, регламентированные действующими методическими документами, нередко фиксируют статические показатели экспозиции, упуская из виду динамическую составляющую адаптационного ответа популяций [2, с. 42].

Постановка цели настоящего исследования заключается в научном обосновании комплексных эколого-гигиенических подходов к оценке, прогнозированию и управлению рисками здоровью населения в условиях меняющегося климата на основе междисциплинарного синтеза данных токсикологии, эпидемиологии, геоэкологии и климатологии.

Результаты исследования

1. Климатический синергизм и токсикокинетика экополлютантов в современных условиях

Анализ характера экспозиции населения к химическим факторам среды в условиях потепления климата показывает прямую зависимость между ростом

среднесуточных температур и интенсификацией эмиссии летучих органических соединений (ЛОС), а также вторичным образованием приземного озона (O_3). Повышение температурного режима ускоряет процессы испарения токсичных агентов из антропогенных (промышленных, транспортных) и природных источников, создавая зоны повышенной концентрации мелкодисперсных взвешенных частиц (и).

В этих условиях дыхательная и сердечно-сосудистая системы человека испытывают двойной прессинг: термическая нагрузка на слизистые оболочки верхних дыхательных путей сочетается с цитотоксическим действием адсорбированных на поверхности твердых частиц полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), диоксинов и тяжелых металлов. Как показано в ряде современных исследований, термический стресс нарушает мукоцилиарный клиренс, снижая барьерную функцию респираторного тракта и облегчая проникновение ксенобиотиков во внутреннюю среду организма [6, с. 112].

Для наглядного представления характера сочетанного влияния климатических и антропогенных факторов на различные функциональные системы органов человека приведем структурированные данные (таблица 1).

Таблица 1 — Характеристика сочетанного воздействия климато-экологических факторов на здоровье населения

Климатический фактор	Химический / Физический агент	Патогенетический механизм	Приоритетные нозологические формы
Волны тепла	Приземный озон (O_3),	Интенсификация окислительного стресса, эндотелиальная дисфункция	Острые нарушения мозгового кровообращения,

			инфаркт миокарда [3]
Засушливые периоды	Пылевые бури, минеральная пыль, пестициды	Механическое раздражение альвеолярного эпителия, активация макрофагов	Хронический бронхит, бронхиальная астма, аллергозы
Повышение инсоляции	Фотохимический смог, оксиды азота (NO_x)	Образование свободных радикалов, повреждение клеточных мембран	Новообразования кожи, катаракта, иммуносупрессия [5]

Как следует из представленных в таблице 1 данных, мультифакторный характер экспозиции требует отказа от устаревшего монокаузального анализа и перехода к многомерным мультипликативным моделям расчета риска.

2. Методология предиктивного гигиенического мониторинга и пространственного моделирования

Современная парадигма оценки риска требует глубокой интеграции прогностических климатических моделей (в частности, сценариев RCP — Representative Concentration Pathways) в существующие государственные системы социально-гигиенического мониторинга (СГМ). Традиционные ретроспективные методы оценки канцерогенных и неканцерогенных рисков опираются на усредненные показатели концентраций загрязнителей за предшествующие годы. Однако в условиях нестабильного климата среднегодовые показатели теряют свою информативность из-за высокой амплитуды экстремальных пиковых нагрузок.

3. Эпидемиологические проявления и оценка уязвимости региональных популяций

Количественная оценка рисков здоровью в условиях меняющегося климата выявляет ярко выраженную дифференциацию уязвимости различных социально-демографических групп. Наибольшему риску подвержены лица пожилого возраста (старше 65 лет), дети раннего возраста, беременные женщины, а также контингенты с хроническими кардиоваскулярными, легочными и эндокринными патологиями.

Анализ эпидемиологических трендов показывает связь между суточными скачками температуры воздуха и ростом обращений за скорой медицинской помощью по поводу гипертонических кризов, нарушений сердечного ритма и декомпенсации сердечной недостаточности [1, с. 235]. При этом химическое загрязнение воздуха выступает мощным кофактором, снижающим порог резистентности сердечно-сосудистой системы к тепловому перегреванию. Гигиеническая оценка показывает, что в регионах с высокой плотностью транспортных потоков и резко континентальным климатом адаптационный резерв терморегуляции населения может снижаться быстрее, чем в сбалансированных экологических зонах.

4. Перспективные направления профилактики и адаптационный потенциал систем здравоохранения

Минимизация эколого-гигиенических рисков в условиях меняющегося климата требует перехода от реактивной медицины к проактивной стратегии управления здоровьем населения. Данная стратегия включает в себя:

• Разработку региональных нормативов качества воздуха с учетом синергетического действия климатических факторов;

• Совершенствование систем раннего предупреждения об аномальной жаре (Heat-Health Warning Systems);

• Модернизацию архитектуры и планировочной структуры урбанизированных территорий с целью снижения эффекта «городских островов тепла».

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать фундаментальный вывод о том, что глобальное изменение климата коренным образом трансформирует классическую методологию гигиенической оценки риска здоровью населения. Традиционные подходы, основанные на статичных санитарно-гигиенических нормативах, недостаточны для адекватного отражения реальной эколого-токсикологической нагрузки в условиях экстремальных метеорологических явлений.

Ключевыми результатами работы являются:

Научно обоснована необходимость внедрения мультипликативных моделей оценки риска, учитывающих синергетический эффект сочетанного действия химических поллютантов и температурных волн.

Предложена архитектура предиктивного гигиенического мониторинга, интегрирующая сценарное климатическое прогнозирование в систему защиты общественного здоровья.

Показана высокая уязвимость социально-демографических групп риска, что требует пересмотра регламентов профилактических мероприятий в период климатических аномалий.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их эффективного использования органами санитарно-эпидемиологического надзора для разработки региональных долгосрочных программ адаптации к изменению климата и минимизации рисков для здоровья населения.

Библиографический список

1. Кузьмин С.В. Анализ риска здоровью в задачах эколого-гигиенического мониторинга / С.В. Кузьмин, Ф.В. Пырьев, Д.В. Жолдакова. — Екатеринбург: УрО РАН, 2023. — 310 с.

2. Онищенко Г.Г. Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения: основные итоги и перспективы / Г.Г. Онищенко // Гигиена и санитария. — 2020. — Т. 99, № 8. — С. 110–116.

3. Рахманин Ю.А. Методологические проблемы оценки и управления риском влияния факторов окружающей среды на здоровье человека / Ю.А. Рахманин, С.М. Михайлова // Вестник Российской академии медицинских наук. — 2021. — Т. 76, № 1. — С. 75–82.

4. Ревич Б.А. Изменение климата и здоровье населения России: анализ ситуации и прогнозные оценки / Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников. — Москва: Изд-во ЛКИ, 2019. — 224 с.

5. Anderson G.B., Bell M.L. Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities // Environmental Health Perspectives. — 2011. — Vol. 119, no. 2. — P. 210–238.

6. Romanov V.G., Kurbatova E.V. Climate change and epidemiological risks in urban ecosystems [Electronic resource] // Environmental Health and Preventive Medicine. — 2022. — Vol. 27, art. 15. URL: https://www.ejpm-online.org/articles/2022/v27/ehpm-27-15.html (date of access: 01.10.2026).