

БИКМУХАМЕТОВА ЛАРИСА МАНСУРОВНА

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА РОССИИ**

03.02.08 – Экология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Нижегород
2020

Работа выполнена на кафедре экологии и биофизики Института естественных и технических наук Бюджетного учреждения высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет» (СурГУ).

Научный руководитель: доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры экологии и биофизики БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет»
Русак Светлана Николаевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор, чл.-корр. РАН, ЗДН РФ, главный научный сотрудник лаборатории моделирования и управления экосистем Института экологии Волжского бассейна РАН – филиала ФГБУН Самарского федерального исследовательского центра РАН (г. Тольятти)
Розенберг Геннадий Самуилович

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории медицинской экологии и рекреационных ресурсов Владивостокского филиала ФГБУ «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» СО РАМН – НИИ Медицинской климатологии и восстановительного лечения (г. Владивосток)
Веремчук Людмила Васильевна

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства (Биологический институт) (г. Томск)

Защита диссертации состоится «__» _____ 20__ г. в __.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212. 166. 12 при Национальном исследовательском Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского по адресу: 603950, г. Нижний Новгород, ГСП-20, пр. Гагарина 23, ИББМ.

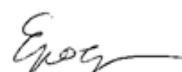
E-mail: dis212.166.12@gmail.com

Факс: (831) 462-30-85

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по адресу: <https://diss.unn.ru/files/2020/1081/diss-Bikmukhametova-1081.pdf>, с авторефератом – в сети Интернет на сайте ВАК России по адресу: <http://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 20__ г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор биологических наук



Е.А. Ерофеева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Проблематика изучения вопросов влияния климатоэкологических условий среды обитания на жизнедеятельность человека сложна, многогранна и на сегодняшний день далека от своего окончательного решения. Важными аспектами изучения влияния климатоэкологических условий среды обитания на жизнедеятельность человека являются вопросы, связанные с сохранностью общественного и индивидуального здоровья населения, поскольку оно в значительной степени зависит от качества не только природной, социальной, но и антропогенной среды (Ревич, 2010; Кику, 2014; Голиков, 2017; Pore, 2002; Revich, 2010). В связи с расширением масштабов техногенного и антропогенного прессинга на окружающую среду, освещение этих вопросов нашли свое отражение в научных исследованиях последних десятилетий, как в зарубежных странах, так и в Российской Федерации (Казначеев и др., 2000; Гелашвили и др., 2000; Кику, Веремчук, 2004; Хаснулин, 2005; Мироновская, 2010; Ревич, 2011; Горбанёв, 2017; Лазарева, 2020; Aust, 2000; Barnett, 2005; Bates, 2005; Scafetta, 2007).

Выявление причинно-следственных связей между климатоэкологическими факторами, с одной стороны, жизнедеятельностью и состоянием здоровья человека, с другой, предопределило поиск различных методов оценки на базе всестороннего анализа комфортности проживания человека и состояния качества среды обитания в целях заблаговременного предупреждения и профилактики многих заболеваний человека, в т.ч. климатообусловленных и экологозависимых болезней (Агаджанян, 2002; Хаснулин, 2009, 2012; Ревич, Малеев, 2011; Кику и др., 2014; Кузнецова, 2012; Семенов, 2012; Розенберг, 2000). В научной литературе широко представлены исследования, проведённые в разных климатогеографических зонах России, которые демонстрируют взаимообусловленность состояния здоровья человека от воздействия целого ряда внешних факторов. Доказано быстрое прогрессирование заболеваний сердечно-сосудистой системы человека в условиях Севера (Agadzhanian, 1995; Демин, 2014; Хаснулин, 2015), влияние сезонной изменчивости погодных условий на кардиореспираторные болезни (Григорьева, 2016; Веремчук, 2018), одновременное воздействие холода и загрязнения воздуха ускоряет развитие заболеваний системы кровообращения и органов дыхания, приводит к преждевременному старению населения (Салтыкова и др., 2020).

Наращение техногенного прессинга на среду обитания человека в условиях наблюдаемых погодно-климатических изменений XXI века, обуславливает актуальность исследований по изучению роли и вклада комплекса климатоэкологических факторов в изменение показателей общественного и индивидуального здоровья людей, формирование картины различных патологических сдвигов у лиц, проживающих в экстремальных северных условиях с неблагоприятным климатоэкологическим режимом.

Степень разработанности темы исследования. Медико-биологические исследования, выполненные на территории Ханты-Мансийского автономного округа в разные годы, свидетельствуют о тяжёлом течении заболеваний сердца и сосудов у населения (Карпин и др., 2011; Кудряшова, Попова, 2012; Говорухина и др., 2012); артериальная гипертензия – одна из типичных болезней при адаптации к холодному климату, представляет серьёзную проблему географической патологии и экологической кардиологии для пришлого населения (Зуевский и др., 2001; Карпин и др., 2018); воздействие климатоэкологических факторов способствует возникновению и тяжёлому течению бронхолёгочных патологий у жителей северного региона (Ушаков и др., 2008). Однако, сведения по оценке комплексной антропогенной нагрузки с наложением погодно-климатических условий на организм жителей урбанизированного Севера в условиях ХМАО с применением целостного подхода в научной литературе пока единичны. Таким образом, учёт конкретных экологических и погодно-климатических особенностей территории проживания населения, проведение комплексной оценки и выявление причинно-

следственных связей между здоровьем населения и средой его обитания, позволяют выявить медико-биологические и экологические проблемы на региональном уровне.

В этой связи, актуальность и своевременность настоящего исследования обусловлена необходимостью установления величины антропогенного прессинга в совокупности с погодно-климатической нагрузкой на организм жителей северного региона и состояние популяционного здоровья, воздействие которых носит сочетанный, комплексный характер.

Цель исследования: установить особенности воздействия комплекса климатоэкологических факторов на возникновение метеочувствительных и экологически зависимых заболеваний у населения на примере северной территории г. Сургута в условиях ХМАО – Югры.

Поставленная цель определила следующие задачи исследования:

1. Изучить региональные тенденции и контрасты погодно-климатических условий и оценить уровень их дискомфорта для населения г. Сургута (в условиях ХМАО – Югры) с позиций традиционных подходов и методов на основе теории хаоса и самоорганизации.

2. Выполнить анализ многолетней динамики экологического состояния атмосферного воздуха с оценкой степени опасности его загрязнения (территории г. Сургута) на основе разных методологических подходов.

3. Провести сравнительный анализ показателей популяционного здоровья взрослого населения г. Сургута по климаточувствительным и экологически зависимым заболеваниям на основе первичной обращаемости и госпитализации жителей в динамике 2010-2014 гг.

4. Оценить влияние погодно-климатической изменчивости и экологических последствий загрязнения атмосферного воздуха на частоту возникновения климаточувствительных и экологически зависимых заболеваний у взрослого населения г. Сургута с выявлением наиболее информативных климатоэкологических факторов риска.

5. Оценить степень риска от погодно-климатических изменений и экологического состояния атмосферного воздуха, влияющих на уровень заболеваемости в различных группах населения (на примере ХМАО – Югры).

Научная новизна работы: Выполнена оценка динамики комплекса метеоэлементов и атмосферных поллютантов на примере г. Сургута – крупнейшего муниципального объекта территории Севера Российской Федерации (РФ) и ХМАО – Югры с позиций традиционных методов анализа с использованием оценочно-балльных критериев, математической статистики, а также с позиций теории хаоса и самоорганизации. Проведён анализ взаимосвязи климатоэкологической обстановки для территории г. Сургута с показателями здоровья населения по климаточувствительным заболеваниям с дальнейшим выявлением наиболее существенных климатоэкологических факторов. Продемонстрирована результативность применения метода фазового пространства состояний в оценке параметров биоклиматических условий северных территорий РФ на примере г. Сургута. Проведён анализ взаимосвязи климатоэкологических факторов с показателями заболеваемости населения с учётом возрастных групп в условиях проживания на территории ХМАО – Югры.

Теоретическая и практическая значимость работы: Изучена динамика метеорологических условий и состояние загрязнения воздушной среды селитебной территории, обуславливающих состояние и уровень показателей здоровья населения и относящихся к факторам риска по климаточувствительным заболеваниям на региональном уровне. Методы и программные продукты, основанные на теории хаоса и самоорганизации, внедрены в практическую деятельность для адекватной оценки и анализа показателей климатоэкологических факторов и их динамики. Применённые методики оценки параметров климатоэкологических факторов окружающей среды и их взаимосвязь с показателями здоровья обуславливают возможность внедрения их в практическую работу органов государственного

управления при решении вопросов качества жизни на территории Севера, возникновения климаточувствительных заболеваний, их прогнозирования и профилактики в связи с изменением климата и подобных медико-экологических проблем. Результаты настоящего исследования применяются в ходе учебного процесса Сургутского государственного университета (СурГУ) по следующим дисциплинам: «Экологический мониторинг», «Экология человека», «Учение об атмосфере», «Экологические риски» и др. Работа выполнена в рамках: плана научных исследований госбюджетной темы СурГУ «Изучение природных и урбанизированных систем Западной Сибири» (ВНТИЦ рег. № 0120.0504249), научно-исследовательской темы «Исследование поведения функциональных систем организма человека на Севере РФ методами многомерных фазовых пространств состояний» (Гос.№ 01200965147 от 09.12.2017 г.), «Диагностика и оценка состояния компонентов окружающей среды Севера Западной Сибири в условиях глобального изменения климата» (Гос.№ АААА-А18-118041990093-7 от 19.04.2018 г.).

Методология и методы исследования. Методология диссертационного исследования основана на анализе взаимосвязи состояния популяционного здоровья населения с климатоэкологическими факторами. Динамика метеорологических условий оценивались с применением методов математической статистики и теории хаоса и самоорганизации. Анализ степени загрязнения атмосферного воздуха проведён с применением санитарно-гигиенических подходов, оценки канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью населения, параметров квазиаттракторов и оценки межаттракторных расстояний. Влияние климатоэкологических факторов на показатели здоровья населения оценивалось с использованием методов математической статистики, расчёта потенциальных теплотерь органами дыхания жителей.

Соответствие паспорту научной специальности. Диссертационное исследование проведено в соответствии с разделами области исследования Паспорта специальности ВАК 03.02.08 Экология (биологические науки) согласно пункту «Экология человека – изучение общих законов взаимодействия человека и биосферы, исследование влияния условий среды обитания на людей (на уровне индивидуума и популяции)».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Интегральная оценка климатоэкологических условий на региональном уровне, включающая процедуру обобщения традиционных способов, современных и новых оригинальных подходов, выявила величину суммарной климатоэкологической нагрузки (41 %) на состояние здоровья населения г. Сургута, что свидетельствует о высоком биопатогенном воздействии комплекса климатоэкологических факторов на организм жителей северного региона.

2. Популяционные показатели здоровья трудоспособного населения, формируемые под воздействием погодно-климатических условий и экологической аэрогенной обстановки среды обитания, характеризуются высокой чувствительностью и патологическими показателями к климаточувствительным заболеваниям в возрастных группах населения: лица молодого возраста (от 25 до 44 лет) являются группой повышенного риска по болезням органов дыхания, а группа среднего возраста (44-60 лет) – по болезням системы кровообращения.

3. Установлена высокая ассоциативность климаточувствительных и экологозависимых заболеваний у взрослого населения г. Сургута с погодно-климатическим режимом и степенью загрязнения атмосферного воздуха, что проявлялось высокой акклиматизационной нагрузкой на органы дыхания жителей в холодный период года и в межсезонье, наличием статистических взаимосвязей влияния комплекса аэрогенных поллютантов на частоту обращений населения по заболеваниям органов дыхания ($r=0,7$) и системы кровообращения ($r=0,6$), выявленных в результате корреляционно-регрессионного анализа.

Степень обоснованности и достоверности результатов исследований базируется на достаточном эмпирическом материале – данных медицинской отчётности лечебных учреждений

г. Сургута по случаям экстренных госпитализаций и обращаемости населения по поводу климаточувствительных болезней; обработке архивных метеонаблюдений за 2010-2014 гг.; анализе содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории г. Сургута за 2010-2014 гг.; применении различных методов обработки данных – с использованием классической математической статистики и методов на основе теории хаоса и самоорганизации.

Декларация личного участия автора заключается в определении темы диссертационного исследования, формулировке цели, задач и положений, выводов. Автором проанализирован литературный обзор, проведён анализ статистических данных медицинского характера, данных мониторинга метеонаблюдений и загрязнения атмосферного воздуха г. Сургута за 2010-2014 гг. Статистическая обработка используемых данных, их анализ и интерпретация были проведены автором самостоятельно. По результатам диссертационного исследования опубликованы статьи с 75-80% долей личного участия автора.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на конференциях различного уровня, в том числе: кафедральных семинарах СурГУ, на Международной конференции «Математика и информационные технологии в нефтегазовом комплексе» (Сургут, 2014), на II Всероссийской научно-практической конференции «Север России: стратегии и перспективы развития» (Сургут, 2016 г.), на III Всероссийской научно-практической конференции «Север России: стратегии и перспективы развития» (Сургут, 2017 г.), на V Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях» (Нижний Новгород, 2017 г.), на II Международной научно-практической конференции «Академическая наука и высшая школа: стратегии и тренды развития» (Уфа, 2019 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 19 работ, в том числе 1 монография, 7 статей в рецензируемых отечественных журналах, рекомендованных ВАК РФ, 11 статей и тезисов в научных журналах, материалах отечественных и международных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 172 страницах машинописного текста, иллюстрирована 51 рисунком и 24 таблицами; состоит из введения, 5-ти глав, заключения, выводов, списка литературы, 3-х приложений. Список литературы включает 192 источника, в том числе 46 на иностранном языке.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.б.н., доценту С.Н. Русак за ценные советы, поддержку и помощь, оказанную при выполнении диссертационной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Глава 1. Обзор литературы

В данной главе представлены результаты анализа отечественной и зарубежной литературы, которые обосновывают необходимость учёта региональных погодно-климатических изменений в оценке возникновения метеопатологических реакций населения и адаптации к этим изменениям на популяционном уровне, а также влияние аэрогенных поллютантов на показатели здоровья населения. Уровень заболеваемости по метеочувствительным и экологически зависимым болезням является адекватным критерием чувствительности к воздействию комплекса метеоэлементов и загрязнению атмосферного воздуха.

Глава 2. Объект и методы исследования

Объектом исследования являлась динамика метеоусловий и аэрогенная обстановка по загрязняющим веществам северной территории Российской Федерации на примере г. Сургута за период 2010-2014 гг. с целью дальнейшей оценки степени влияния погодно-климатических факторов и загрязнения атмосферного воздуха на показатели заболеваемости взрослого населения климаточувствительными болезнями. В настоящем исследовании использованы данные единой сети наблюдений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

(температура атмосферного воздуха, относительная влажность и давление атмосферного воздуха), концентрации аэрогенных поллютантов (оксид азота, диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы, взвешенные частицы, фенол, формальдегид, 3,4 бенз(а)пирен, хром, цинк, медь, железо), полученные в период 2010-2014 гг. на территории г. Сургута, и данные как первичной обрабатываемости взрослого населения г. Сургута по климаточувствительным заболеваниям, включая первичную обрабатываемость взрослого населения с установлением диагноза, так и случаи экстренных госпитализаций пациентов.

Методы исследования

Оценка жёсткости погодных условий выполнялась методом расчёта комплексного показателя суровости с последующей типизацией и ранжированием для зимнего сезона (Осокин, 1968).

Анализ динамики погодно-климатических факторов (температура, влажность и давление атмосферного воздуха) проведён традиционными методами математической статистики с расчётом среднесуточных, среднемесячных и среднегодовых значений для оценки тренда их изменений на основе интерквартильного размаха в виде 5-го и 95-го перцентиля; методом идентификации параметров квазиаттракторов (КА) в фазовом пространстве (ФП) признаков с расчётом межаттракторных расстояний в рамках теории хаоса и самоорганизации (ТХС) (Еськов и др., 2006).

Сравнение динамики погодных условий проведено с использованием Т-критерия парных сравнений Уилкоксона (математическая статистика).

Анализ динамики загрязняющих веществ в атмосферном воздухе проведён с учётом их содержания, соотнесённых с нормой (доли ПДК_{с.с.}, среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения) с позиций санитарно-гигиенического подхода (ГН 2.1.6. 1338-03) с выявлением вклада отдельных поллютантов в общий уровень загрязнения (комплексный индекс загрязнения атмосферы, КИЗА), оценки канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью населения (Р 2. 1. 10. 1920-04), а также с применением методов идентификации параметров КА в ФП признаков с расчётом межаттракторных расстояний.

Анализ случаев экстренных госпитализаций и количества обращений пациентов с метеочувствительными и экологически зависимыми заболеваниями проведён методом математической статистики (среднесуточные, среднемесячные, среднегодовые значения) с дифференцированием по полу и возрастным когортам населения согласно классификации ВОЗ: от 25 до 44 (молодой возраст), 44 до 60 (средний возраст), 60 до 75 (пожилой возраст), 75 до 90 (старческий возраст), после 90 (долгожители) и с 5-летним интервалом (25-29, 30-34, 35-39, 40-44, 45-49, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, 75-79, 80-84; при анализе случаев экстренных госпитализаций с заболеваниями системы кровообращения – только по классификации ВОЗ.

Особенности динамики показателей здоровья населения для каждого месяца за многолетний период оценивали с учётом индекса сезонности (МР 2.1.10.0057-12).

Сравнительный анализ случаев экстренных госпитализаций и их взаимосвязь с погодно-климатическими факторами проведён путём определения корреляционных связей между случаями экстренных госпитализаций жителей с учётом временных лагов от 1 до 3 дней до дня обращения за экстренной госпитализацией на фоне среднесуточных значений метеопараметров (температуры, влажности и атмосферного давления воздуха) и их амплитуды, а также взаимосвязи между значениями объёмов квазиаттракторов показателей здоровья и метеофакторов (по коэффициенту ранговой корреляции Спирмена (r_s)).

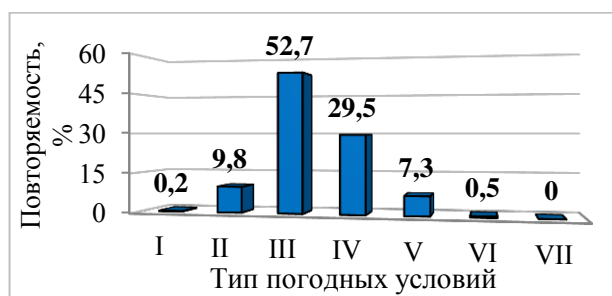
Сравнительный анализ случаев обращений пациентов с метеочувствительными и экологически зависимыми заболеваниями на фоне погодной динамики (амплитуда и текущие значения температуры атмосферного воздуха, относительной влажности и атмосферного давления) проведён посредством определения корреляционных связей между ними, с учётом

временных лагов от 1 до 3 дней до и после дня обращения, а также установлением корреляционных связей между случаями обращений и величиной теплопотерь для органов дыхания (Русанов, 1989) у населения.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием статистических методов программ Microsoft Office Excel 2010 и Statistica 10.1. На основе вычисления критерия Шапиро-Уилка (с поправкой Лиллиефорса) оценивалось распределение показателей погодных факторов подчинению закону нормальности. Статистическая значимость принималась на уровне вероятности более 95% ($p < 0,05$). Результаты обработки массивов данных отличались от нормального распределения, в связи с чем, дальнейший анализ выполнен с применением непараметрического Т-критерия Уилкоксона при установлении различий в динамике погодных условий, коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Показатели тесноты корреляционных связей определены в соответствии со шкалой Чеддока.

Глава 3.1 Оценка погодных условий территории г. Сургута на основе традиционных способов их типизации

Анализ значений суровости погодных условий (Осокин, 1968) зимних месяцев (по баллам жёсткости) за 2010-2014 гг. показал, что встречаемость «суровых - крайне суровых» типов погодных условий составила 37,3 %. Преобладающим типом жёсткости погодных условий являлся «умеренно суровый тип», его повторяемость составила 52,7 % (рис. 1), что являлось весьма существенным показателем в оценке дискомфорта погодных условий (Хаснулин, 2005).



* Осокин И. М., 1968;
 I – несуровая, мягкая;
 II – мало суровая;
 III – умеренно суровая;
 IV – суровая;
 V – очень суровая;
 VI – жестко суровая;
 VII – крайне суровая.

Рисунок 1. Градация типов погодных условий в зависимости от их повторяемости (%) в динамике 2010-2014 гг. (среднемноголетнее значение)

Глава 3.2 Погодно-климатические тенденции и контрасты урбанизированной территории Севера с позиций методов математической статистики

Оценка динамики погодных факторов за 2010-2014 гг. по межсуточным перепадам (градиенты) показала, что максимальные значения амплитуды температуры ($|21,7|$ °С) и атмосферного давления ($|47,2|$ мбар) отмечались в осеннем периоде 2010 года, а влажности атмосферного воздуха ($|66|$ %) – в весенний период 2012 г. Наименьшие градиенты данных метеопараметров приходились на 2014 год.

Анализ динамики среднесуточных значений температуры атмосферного воздуха для зимнего (5-й процентиль) и летнего (95-й процентиль) периодов года на протяжении пяти лет демонстрировал тенденцию роста значений данных климатических параметров – на $+0,1$ °С зимой и на $+0,5$ °С в летний сезон.

За период 2010-2014 гг. величина суточного перепада температур (ΔT) в г. Сургуте менялась от $|0,0$ °С до $|21,7$ °С; 5-й процентиль его распределения составил $|0,2$ °С; 95-й процентиль – $|8,8$ °С. Среднее многолетнее значение суточного перепада температур (градиент) характеризовалось максимальными показателями в ноябре ($|4,7$ °С) и минимальными в октябре ($|2,0$ °С); с марта по октябрь текущие значения ниже среднегодовой (многолетней) величины, а в зимний период, начиная с ноября, выше среднегодовой величины (рис. 2).

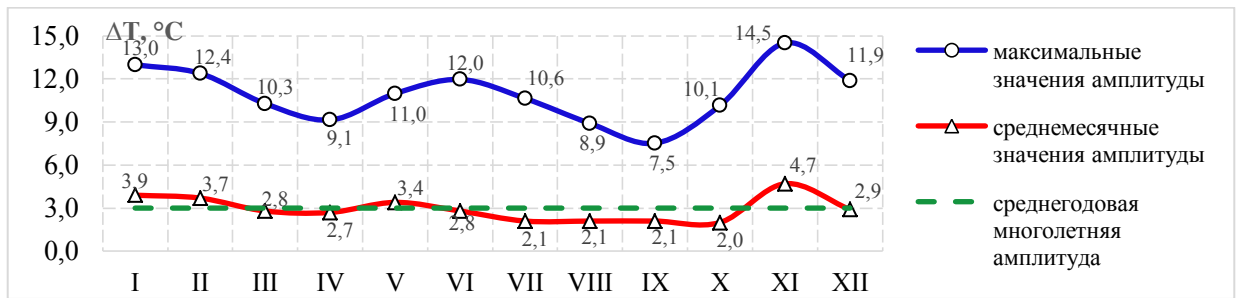


Рисунок 2. Годовой ход динамики температурных перепадов для г. Сургута за период 2010-2014 гг. (осреднённые показатели)

Отмечены незначительные снижения показателей влажности атмосферного воздуха – 95-й процентиль распределения на $|0,2|$ % (летний период), 5-й процентиль – на $|0,02|$ (зимний период) % и повышение давления атмосферного воздуха как для летнего периода года – на $|0,2|$ мбар, так и для зимних месяцев – на $|0,3|$ мбар.

Таким образом, направленность погодно-климатических условий на региональном уровне имела тенденцию к потеплению, как в зимний, так и летний периоды года. В то время как траектория метеозакономерностей в годичном ходе отличалась высокой межсуточной изменчивостью, что указывало на высокую долю риска в формировании повышенной метеозависимости для жителей, способствующей возникновению неблагоприятных метеочувствительных реакций у населения.

Глава 3.3 Неопределённость в оценке временных рядов метеорологических параметров

Оценка степени однородности или неопределённости (по Т-критерию Уилкоксона) путём сравнения попарных значений метеопараметров и анализ количества совпадений (k) для этих пар за 2010-2014 гг. показала высокий удельный вес статистических различий: вариации температурных колебаний имели максимальные величины различий в осенний сезон – 90,0 %, а наименьший – в зимний сезон – 73,3 %. Изменение относительной влажности демонстрировало преобладание статистических отличий в весенне-летнее время года – до 63,3 %; осенью – 73,3 % и 76,7 % в зимний период года; различия для давления атмосферного воздуха, как метеозакономерности, в зимний сезон года составили 86,7 %, осенний – 83,3 %, весенний и летний – 76,7 %.

С позиции математической статистики картина «схожести» динамики метеопараметров за 2010-2014 гг. демонстрировала наличие высокой доли различий практически для всех сезонов года, что свидетельствовало о высоких погодных контрастах данной территории.

Глава 3.4 Оценка динамики погодно-климатических факторов с позиций теории хаоса и самоорганизации в m -мерном пространстве признаков

Результаты, полученные с применением метода идентификации параметров КА динамических систем, показали, что величина объёмов суммарных КА метеорологических параметров (V_{ij}) в разные сезоны года за период 2010-2014 гг. (рис. 3) в г. Сургуте значительно варьировала.

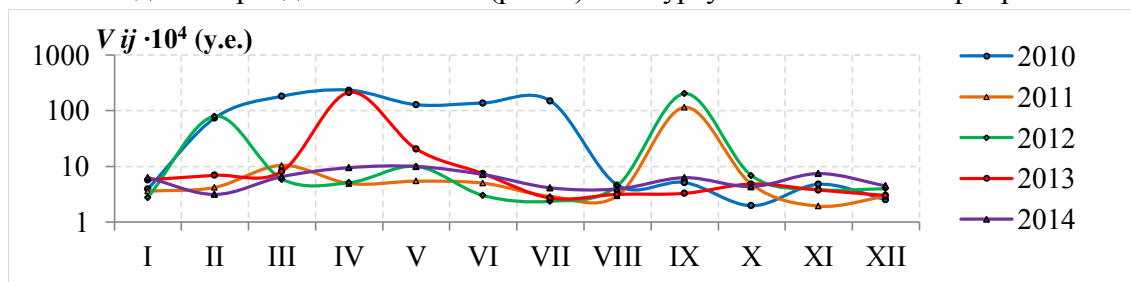


Рисунок 3. Динамика значений объёмов квазиаттракторов метеопараметров для города Сургута за период 2010-2014 гг. Здесь: по оси ОХ – месяцы года, а по оси ОУ – объёмы ($V_{ij} \cdot 10^4$, у.е. в логарифмической шкале) квазиаттракторов метеопараметров

При сравнении значений объёмов КА погодных условий в сезонном и межгодовом сопоставлении установлено, что максимальные значения различий отмечены летом – в 62,9 раз (июль) и весной – 47,3 раз (апрель) и минимальные – в зимний период в 2,2 раза (январь). Расчёт межаттракторных расстояний в процессе сравнения кластеров метеоданных в динамике 2010-2014 гг. с определением значимости каждого признака, существенно изменяющих параметры фазовых пространств комплекса метеоэлементов (т.н. квазиаттракторы), выявили следующую значимость метеофакторов, как координат фазового m -мерного пространства: температура окружающего воздуха в 42 % случаев – в зимний период, атмосферное давление – в осенний (75 %), летний (67 %) и весенний (50 %) сезоны; относительная влажность – в 33 % случаев весной.

Представленный на рисунке 4 геометрический образ квазиаттрактора иллюстрирует разную траекторию для метеосостояний, что говорит о разном векторе направленности динамики этих координат и области сгущения в пределах фазового пространства: перемещение точки состояния системы из одной области ФП в другую происходит произвольно, что свидетельствует о хаотичности режима. Если фазовые траектории сгруппированы в определенной области, проявляется упорядоченность хаоса (Русак, 2013).

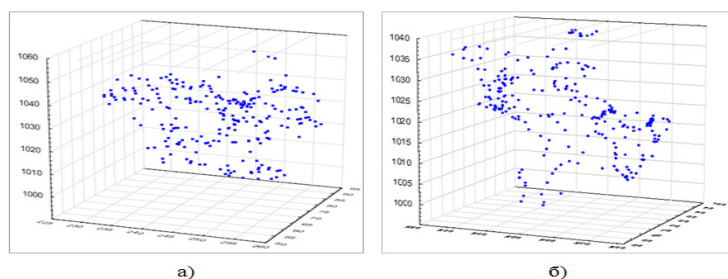


Рисунок 4. Портреты суммарных квазиаттракторов в 3-х-мерном фазовом пространстве для января на примере двух периодов наблюдений: 2010 г. (а) и 2014 г. (б) для г. Сургута. Здесь: по оси OX – температура, T , °К; по оси OY – относительная влажность, H , %; по оси OZ – атмосферное давление, P , мбар

Наличие высоких значений в кратности различий при сравнении погодных условий по объёмам квазиаттракторов для комплекса метеофакторов, а также высокий процент значимости отдельных метеоэлементов в различные сезоны года, наряду с методами математической статистики, подтверждают высокую контрастность погодно-климатических условий северной территории.

Глава 4.1 Динамика атмосферных загрязнителей с позиций санитарно-гигиенической оценки состояния среды

В течение пятилетнего периода содержание загрязняющих веществ, которые присутствуют в атмосферном воздухе селитебной территории г. Сургута по данным мониторинговых наблюдений, демонстрировало разнонаправленную тенденцию. Так, средне сезонные концентрации *оксида азота* в течение ряда лет не превышали нормативных значений. Наибольшие концентрации оксида азота фиксировались в зимний период.

Содержание *диоксида азота* в атмосферном воздухе находилось на уровне подпороговых концентраций (0,58-1,13 ПДК_{с.с.}) и не превышало нормативных значений, за исключением 2013 года, также с максимальным содержанием в зимний период. Сезонной зависимости в уровне загрязнения атмосферного воздуха города *оксидом углерода* не отмечалось, средне сезонные концентрации в течение года не превышали ПДК_{с.с.} и находились в интервале значений 0,32-0,33 ПДК_{с.с.} Концентрация *диоксида серы* во все сезонные периоды не превышала ПДК_{с.с.} и составляла в среднем 0,002 мг/м³. Содержание *взвешенных частиц* (средне сезонная концентрация) имело незначительную тенденцию к увеличению осенью и весной, но не превышало допустимых норм и составляло в среднем 0,71 ПДК_{с.с.} Сезонность динамики в содержании *фенола* в атмосферном

воздухе практически не прослеживалась, однако имела тенденцию роста концентраций, превышающих нормативные значения в 2012-2013 гг. до максимальных значений в 1,25 ПДК_{с.с.}

Концентрация *формальдегида* в течение всех сезонов и месяцев года стабильно превышала допустимые нормы и находилась в пределах значений 0,004-0,017 мг/м³, что достигало уровня в 1,27-5,6 ПДК_{с.с.}. Характер сезонных вариаций в содержании формальдегида отмечался ростом в теплый период года, что отчасти связано как с природными причинами (окисление метана в тропосфере, который является сопутствующим компонентом в составе выбросов при сжигании попутного газа и в составе болотного газа: $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_2 = \text{O} + \text{H}_2\text{O}$), так и с техногенными факторами (увеличение числа автотранспортных средств в весенне-летний период; в среднем, обеспеченность автомобилями на 1 000 жителей в г. Сургуте составляет 495 ед.).

Графическая кривая, характеризующая динамику уровня загрязнения (по КИЗА) в общем (рис. 5), имела явно выраженный максимум в 2012-2013 гг. с последующим снижением к 2014 году. Такое уменьшение (по величине КИЗА) отчасти связано с изменением нормативных показателей санитарно-гигиенического критерия для формальдегида.

В целом, анализ загрязнения атмосферного воздуха за период 2010-2014 гг. показал, что приоритетными поллютантами для селитебной территории г. Сургута являлись такие вещества, как: формальдегид с вкладом 37,9 % в общий уровень загрязнения; 3,4 бенз(а)пирен – 26,1 %; фенол – 10,3 %; диоксид азота – 9,1 %; взвешенные частицы – 7,8 %.

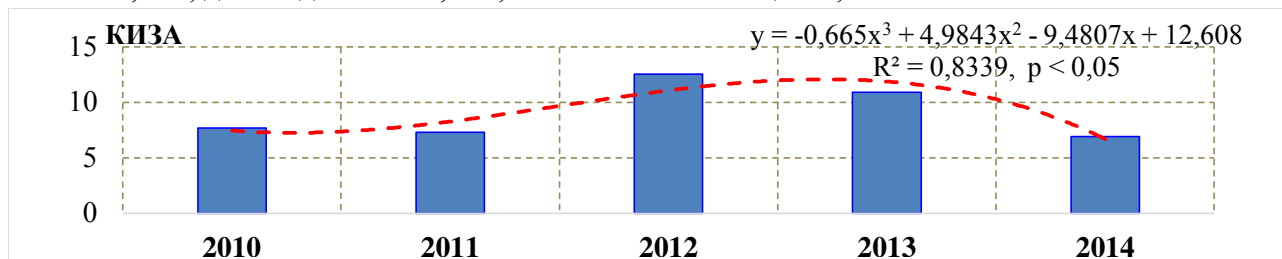


Рисунок 5. Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха в г. Сургуте за 2010-2014 гг. по комплексному индексу (КИЗА), где штрих-линия иллюстрирует общую тенденцию

Глава 4.2 Оценка экологического риска здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха в условиях территории г. Сургута

Как показали расчёты, основными загрязнителями атмосферного воздуха, которые вносили наибольший вклад (до 70 %) в показатели суммарного *неканцерогенного риска* и имеющие высокие коэффициенты опасности ($HQ > 1,0$), являлись следующие вещества (рис. 6): формальдегид – $HQ = 2,73$ (32,9 %); 3,4 бенз(а)пирен – $HQ = 1,70$ (19,9 %); взвешенные частицы – $HQ = 1,43$ (17,2 %). Такие вещества, как оксиды азота (с суммарным вкладом 14,6 %, оксид азота + диоксид азота), фенол (5,1 %), оксид углерода (3,4 %) и тяжёлые металлы (марганец – 2,4 %, хром – 1,8 %) несмотря на существенный суммарный вклад в характеристику неканцерогенного риска (>27 %), характеризовались невысокими (не опасными) значениями коэффициентов опасности ($HQ < 1,0$), т.е. не представляли серьёзной угрозы в формировании эффектов неканцерогенного риска для здоровья населения.

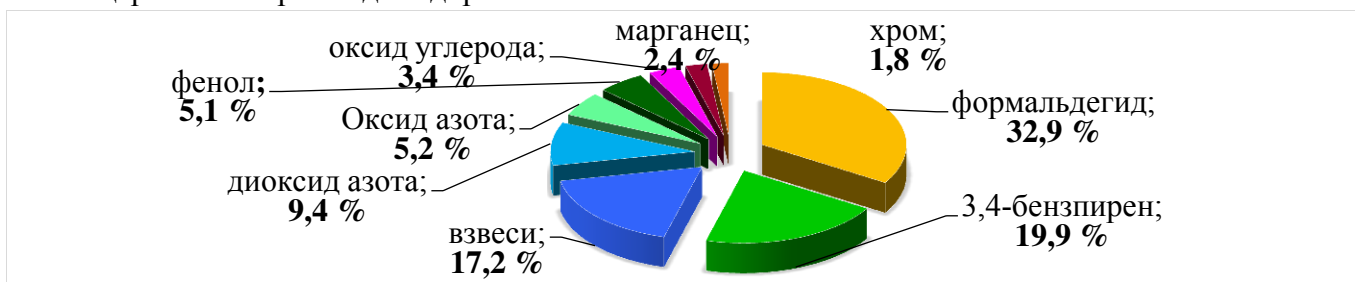


Рисунок 6. Вклад аэрогенных поллютантов (в %) в структуру неканцерогенного риска для здоровья жителей г. Сургута за 2010-2014 гг.

Суммарный неканцерогенный риск для здоровья населения г. Сургута от воздействия аэрогенных поллютантов характеризовался величиной 8,28 (*HQ*). Из перечня приоритетных веществ, включенных в расчёт для оценки риска здоровью населения, четыре вещества обладали канцерогенным действием: формальдегид, 3,4 бенз(а)пирен, соединения хрома и никеля.

Расчётная величина суммарного уровня *хронического канцерогенного риска* для человека составляла значение $\Sigma CR=6,0 \cdot 10^{-5}$, что в соответствии с критериями приемлемости риска для безопасности здоровья человека соответствовало второму диапазону ($1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-4}$), т.е. *приемлемый* уровень риска, но требующий постоянного мониторингирования содержания данных веществ из-за тенденции стремления величины к подпороговым значениям верхней границы допустимых параметров. Оценка канцерогенного риска показала, что основной вклад приходился на соединения хрома – 62,0 % и формальдегида – 37,2 %, в совокупности эти два вещества составляли более 99 %.

Анализ вклада аэрогенных загрязнителей с точки зрения риска для здоровья населения продемонстрировал: величина индекса опасности при суммировании хронического неканцерогенного риска (суммация коэффициентов опасности) для веществ с механизмом мононаправленного действия составила 13,88, при этом ведущее место представляли вещества, воздействующие на органы дыхания ($HI=6,54$), на иммунную систему ($HI=4,41$), ведущие к смертности ($HI=1,42$) человека. Для остальных органов-мишеней, систем (эффектов) *HI* составил <1 , т.е. потенциальный риск вредных эффектов рассматривался как предельно малый (табл. 1).

Таблица 1

Ранжирование индексов неканцерогенной опасности при аэрогенном маршруте атмосферных поллютантов для критических органов и систем организма людей, проживающих в г. Сургуте

Критические органы-мишени/системы (Р 2.1.10.1920-04)	Суммарный индекс неканцерогенной опасности, ΣHI	Ранг
Органы дыхания	6,54	1
Иммунная система	4,41	2
Смертность	1,42	3

Таким образом, оценка экологического риска здоровью человека от воздействия загрязняющих веществ атмосферного воздуха демонстрировала высокую степень опасности для органов дыхания и иммунной системы, что вносит значительный вклад в общую картину неблагоприятного влияния факторов окружающей среды для населения, проживающего на данной территории.

Глава 4.3 Оценка параметров квазиаттракторов состояния атмосферных поллютантов с позиций *m*-мерного пространства

Применённый подход оценивания динамики загрязняющих веществ атмосферного воздуха с точки зрения идентификации объёма *m*-мерного пространства, где отдельные ЗВ выступают в роли координат динамической системы, показал варьирование показателей суммарных объёмов квазиаттракторов от 0,001 до 3,917 у.е. в динамике 2010-2012 гг. Графики, представленные на рисунке 7, демонстрировали минимальные значения для зимнего сезона года в феврале 2011 г. (0,011 у.е.), а максимальные – в феврале 2012 г. (2,028 у.е.). В весенний период года минимальное значение объёма КА приходилось на май 2010 г. (0,010 у.е.), а максимальное значение, как и для зимнего периода, отмечено в 2012 г. (в марте – 3,917 у.е.). Величины объёмов КА летнего периода в 2010 и 2011 гг. различались незначительно, в отличие от 2012 г.: наименьший объём отмечен в июне 2010 г. (0,001 у.е.), а наибольший – в июле 2012 г. (3,654 у.е.). Осенний период в трехлетней динамике демонстрировал схожие значения объёмов КА, с минимальным значением в ноябре 2011 г. (0,005 у.е.) и максимальным в сентябре 2010 г. (0,075 у.е.).

В целом, картина динамики значений объёмов квазиаттракторов аэрогенных поллютантов демонстрировала их увеличение от 2010 г. к 2012 г. (рис. 7).

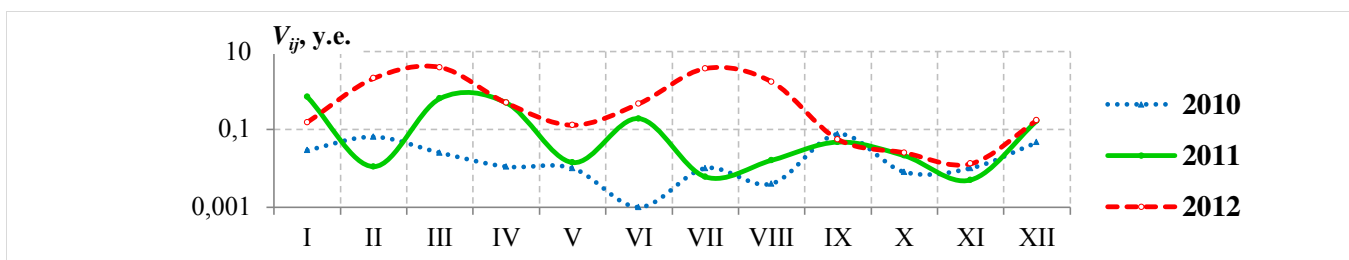


Рисунок 7. Объёмы квазиаттракторов загрязняющих веществ атмосферного воздуха г. Сургута в динамике сравнения 2010-2012 гг. Здесь: на графике по оси ОХ – месяцы года, а по оси ОУ – объёмы (V_{ij} у.е. в логарифмической шкале) квазиаттракторов загрязняющих веществ атмосферного воздуха

Удельный вес сезонных различий для аэрогенных поллютантов за трёхлетний период демонстрировал значимость следующих веществ (как координат m -мерного пространства): формальдегид – 67 % случаев (весна, лето, осень) и 3,4-бенз(а)пирен в – 33 % случаев – (зима, весна) и 17 % – осенью. Анализ приоритетности по вкладу отдельных аэрогенных поллютантов в общий уровень загрязнения атмосферного воздуха с позиций m -мерного пространства демонстрировал более значимые результаты, чем с применением методов санитарно-гигиенической оценки ЗВ.

Проведённая оценка климатоэкологических условий территории г. Сургута позволила нам, в соответствие с поставленными задачами, перейти к сравнительному анализу популяционного здоровья населения и оценить степень влияния абиотических факторов на частоту обращений и экстренных госпитализаций жителей по поводу климаточувствительных и экологозависимых заболеваний.

Глава 5.1 Структура госпитализации пациентов г. Сургута с заболеваниями системы кровообращения

Анализ числа случаев госпитализаций населения Сургута с 2010 г. по 2014 г. показал, что доля госпитализаций с заболеваниями органов кровообращения составила 6,8 % от числа всех случаев экстренных госпитализаций, а динамика демонстрировала волнообразный характер – увеличение случаев экстренных госпитализаций весной и осенью и снижение в июне.

Госпитализация пациентов по метеочувствительным нозологиям (с учётом градации возраста по классификации ВОЗ) демонстрировала-максимум в возрастной группе с 44 до 60-ти лет (рис. 8а). При дифференцировании возраста пациентов с интервалом в 5 лет, пик числа случаев госпитализаций приходился на возрастную группу 50-54-х лет (рис. 8б). Отмечено, что распределение случаев экстренных госпитализаций (с учётом возраста) у мужчин аналогично такому же распределению, как и у женщин.

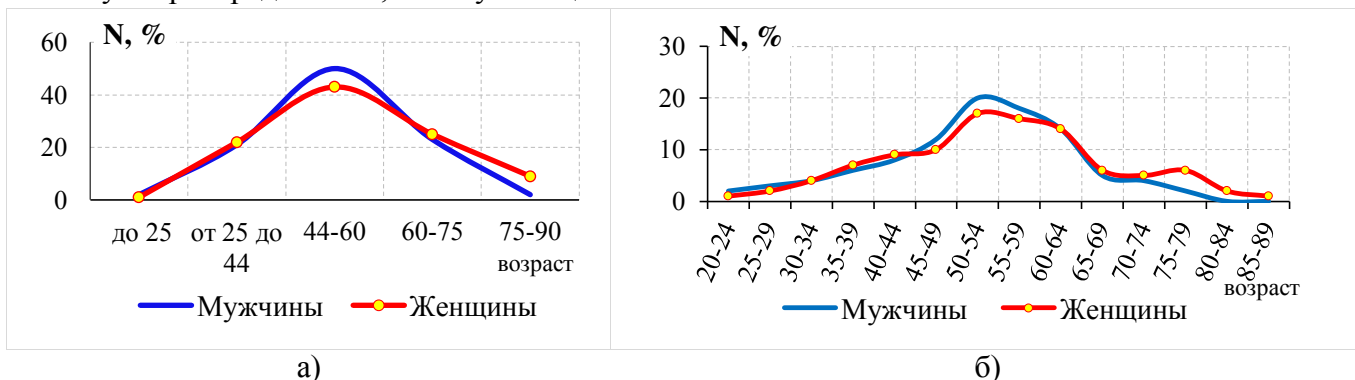


Рисунок 8. Распределение случаев экстренных госпитализаций у мужчин и женщин (суммарные годовые показатели, %) с учётом возраста пациентов, где (а) – классификация возрастных групп по ВОЗ; (б) – с шагом в 5 лет

Учёт индекса сезонности интенсивных показателей в картине экстренных госпитализаций продемонстрировал наличие четырёх сезонных пиков года для мужчин: зимний (январь), весенний (апрель), летний (июль) и осенний (октябрь) сезоны (рис. 9). У женщин максимальный индекс сезонности интенсивных показателей приходился на март (140 %), а у мужчин – на январь (129 %). Установлено, что индекс сезонности для женщин превышал сто процентов в 7-ми месяцах, как и для мужчин, что свидетельствовало о высоком сезонном влиянии метеофакторов на организм человека.

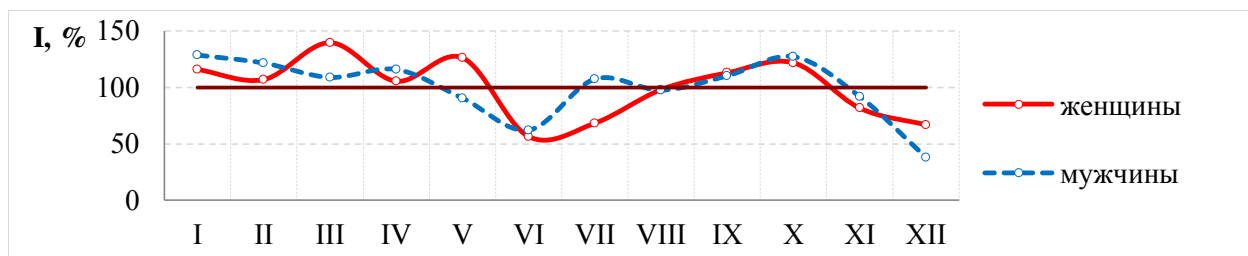


Рисунок 9. Характеристика госпитализации населения (мужчин, женщин) в годовой динамике (среднемноголетние показатели, чел.) по индексу сезонности, %. Здесь: по оси ОХ – месяцы года; ровная (параллельная оси ОХ) линия на графике характеризует нормированный показатель

Учёт сезонного воздействия с расчетом атрибутивных фракций (АФ) причин показал, что для мужчин максимальное значения АФ наблюдалось в феврале – 29 %, а для женщин в марте – 40 %, что указывало на процент случаев (заболеваний), обусловленных сезонными погодными причинами, и существенным влиянием комплекса метеоэлементов на возникновение метеопатологических заболеваний у населения.

Глава 5.2 Региональные показатели обращений жителей г. Сургута по поводу климаточувствительных и экологозависимых заболеваний

Анализ структуры обращаемости взрослого населения по климаточувствительным нозологиям (по МКБ-10) показал, что доля климаточувствительных и экологозависимых заболеваний (от общего числа всех случаев обращений) составила 22,6 %, среди которых абсолютное большинство приходилось на острые респираторные заболевания – 36,3 %, заболевания, связанные с повышением артериального давления – 25,1 %; удельный вес заболеваний эндокринной системы (сахарный диабет) – 14,2 % (рис. 10).

Динамика обращений населения (на примере 2010 г.) по заболеваниям системы кровообращения и органов дыхания отмечалась сезонностью, с выраженным ростом случаев в холодное время года (зима, весна и осень), с большим числом обращений для женщин.

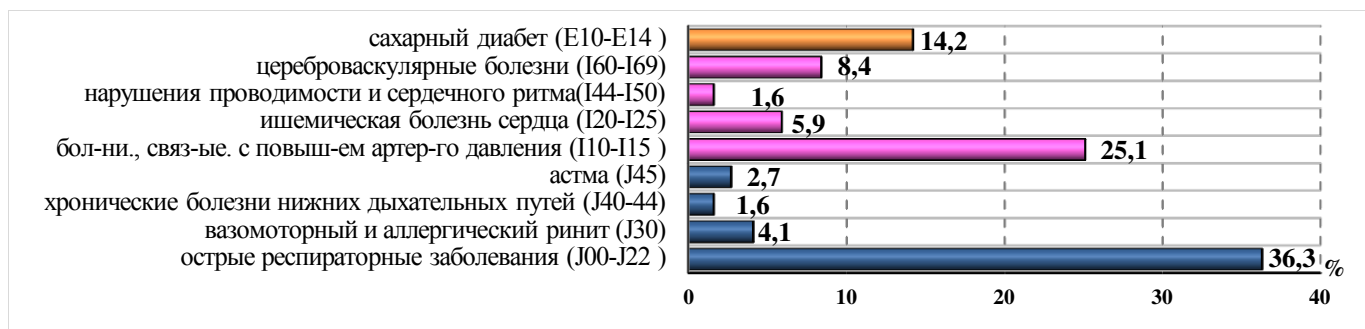


Рисунок 10. Долевой вклад (%) отдельных нозологий в структуре климаточувствительных заболеваний по обращаемости населения г. Сургута

Учёт возраста в контингенте пациентов показал (рис. 11а и 11б), что максимальное число случаев обращений с заболеваниями эндокринной системы и системы органов кровообращения наблюдалось в возрастной группе лиц с 44 до 60 лет: возрастало число случаев обращений в

возрастной группе от 25 до 44 и снижалось к возрастной группе 75-90 лет, причём такая типичность в картине обращений по возрастным группам населения отмечалась в каждом сезоне.

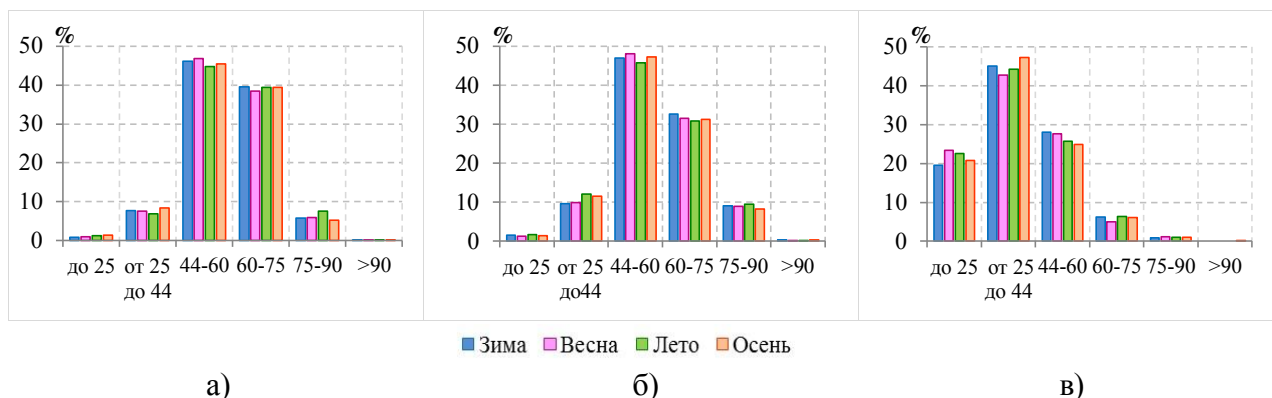


Рисунок 11. Возрастная структура населения г. Сургута по числу обращений в сезоны 2010 г. (%), где (а) – заболевания эндокринной системы; (б) – заболевания системы кровообращения; (в) – заболевания органов дыхания

Немного иначе складывалась картина обращаемости с заболеваниями органов дыхания, представленная на рисунке 11в. Пик случаев обращений отмечен для лиц возрастной группы от 25 до 44 лет; увеличение начиналось с группы населения в возрасте до 25 лет, и снижение наблюдалось у пациентов с 44-60 лет.

Таким образом, большинство обращений по поводу климаточувствительных заболеваний приходилось на острые респираторные заболевания, и следует отметить, что в группе риска были лица молодого возраста (от 25 до 44 лет). Максимальное число обращений с заболеваниями эндокринной системы и системы кровообращения приходилось на группу лиц среднего возраста (от 44 до 60 лет), что в целом доказывает факт негативного влияния климатоэкологических факторов на состояние популяционного здоровья населения данной территории.

Глава 5.3 Сравнительный анализ взаимосвязи показателей популяционного здоровья жителей г. Сургута с погодно-климатическими условиями среды обитания

Анализ суммарных значений числа корреляционных связей (заметной и высокой силы) случаев *экстренных госпитализаций* для женщин на фоне текущих суточных значений погодно-климатических параметров (T , H , P) демонстрировал большее их количество для варианта с лагом опережения метеорологического параметра в 2 дня. В целом, максимальное количество корреляционных связей (заметной и высокой силы) отмечено: для температуры – с лагом опережения в 3 дня, для влажности – с лагом опережения в 1 и 2 дня, для давления атмосферного воздуха – с лагом опережения в 2 дня.

При анализе корреляционной зависимости случаев экстренных госпитализаций мужчин на фоне текущих суточных значений температуры, максимальное количество проявлялось при учёте лага опережения метеопараметра в 3 дня. Взаимосвязь случаев экстренных госпитализаций с параметрами влажности и давления атмосферного воздуха проявлялось корреляционной связью заметной и высокой силы ($N=4$) при применении лага опережения в 2 дня, причём количество корреляционных связей заметной и высокой силы для мужчин было меньше, чем у женщин.

Таким образом, воздействие метеофакторов на организм человека (случаи экстренных госпитализаций) проявлялось как непосредственно на текущий момент, так и пролонгировано.

Взаимосвязь случаев *обращений* взрослого населения по поводу метеочувствительных заболеваний на фоне погодной изменчивости (межсуточные перепады) по коэффициенту корреляции продемонстрировали однонаправленную положительную зависимость с перепадами (амплитудой) температуры атмосферного воздуха, и для отдельных нозологий – с градиентами

атмосферного давления; однако, параметр относительная влажность, как метеоэлемент, не обнаруживал положительной взаимосвязи (табл. 2). Максимальные значения корреляционной связи отмечены для случаев обращений населения по заболеваниям органов дыхания с амплитудой температуры и давления атмосферного воздуха – 0,59 и 0,60 соответственно.

Таблица 2

Показатели парной взаимосвязи (коэффициент корреляции, r_s) частоты обращений населения по поводу климаточувствительных заболеваний с межсуточной изменчивостью метеорологических параметров г. Сургута в динамике 2010 г.

Классы заболеваний и коды отдельных нозологий по МКБ-10	ΔT , °C		ΔP , мбар		ΔH , %	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Болезни системы кровообращения (суммарно), ΣI	0.49	0.049	0.35	0.050	-0.27	0.404
Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением, I10–I15	0.43	0.159	0.30	0.342	-0.23	0.471
Ишемическая болезнь сердца, I20–I25	0.30	0.347	0.31	0.324	-0.15	0.632
Нарушения проводимости и сердечного ритма, I44–I50	0.46	0.137	-0.01	0.983	-0.44	0.147
Цереброваскулярные болезни, I60–I69	0.47	0.124	0.08	0.812	-0.33	0.297
Болезни эндокринной сис-мы (сахарный диабет), E10–E14	0.19	0.557	0.55	0.063	0.01	0.983
Болезни органов дыхания (суммарно), ΣJ	0.39	0.048	0.60	0.039	-0.20	0.527
Острые респираторные инфекции нижних дыхательных путей, J00–J22	0.27	0.391	0.56	0.059	-0.11	0.729
Вазомоторный и аллергический ринит, J30	0.32	0.308	0.54	0.071	-0.25	0.430
Хронические болезни нижних дыхательных путей, J40–J44	0.59	0.045	0.33	0.297	-0.43	0.167
Астма, J45	0.38	0.217	0.40	0.199	-0.27	0.404
Болезни системы кровообращения и органов дыхания (суммарно) $\Sigma I + \Sigma J$	0.42	0.175	0.58	0.048	-0.20	0.527

Примечание: ΔT – амплитуда температуры атмосферного воздуха, °C; ΔP – амплитуда атмосферного воздуха, мбар; ΔH – амплитуда относительной влажности воздуха, %. Выделенные корреляции статистически значимы на уровне $p < 0,05$.

Респираторная система организма человека одна из первых подвергается воздействию климатозоологических факторов, но особенно сильно проявляется это в экстремальных природных условиях. Воздействие низких температур способствует снижению резистентности организма и, как следствие, – ослаблению защитных функций органов дыхания у человека, что приводит к росту заболеваний бронхолёгочной системы в популяции населения (Русанов, 1989).

Расчёты величин затрат тепла на нагревание вдыхаемого воздуха у жителей г. Сургута, т.н. потенциальные «теплопотери» для органов дыхания, выполнены с учётом температурных условий и показателей влажности воздуха за 2010-2014 гг. Респираторные теплопотери через органы дыхания человека в течение трёх сезонов (зима, весна, осень) имели высокие значения, обусловленные дискомфортом погодным режимом (рис. 12).

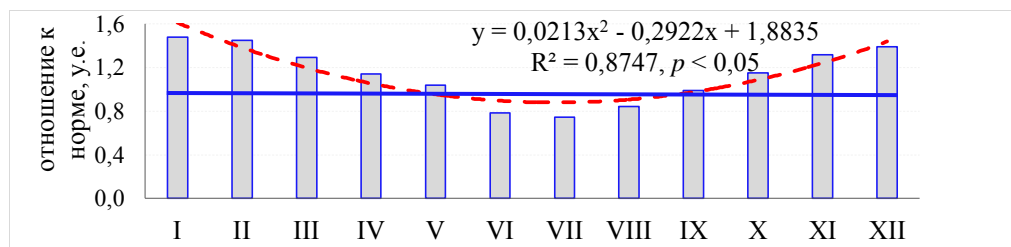


Рисунок 12. Величины потенциальных теплопотерь органами дыхания в соотношении с нормальной величиной в годовой динамике для жителей г. Сургута (осреднённые среднемесячные значения за 2010-2014 гг.). Здесь: на графике по оси ОХ – месяцы года; сплошной линией показано значение нормы (15 Вт), пунктирной линией – общая тенденция

Установлено, что величина максимальных теплопотерь в зимний период года превышала физиологическую норму на 54 % (январь 2010 г.); в весеннее время года этот показатель выше рекомендованного нормального показателя на 39 % (март 2013 г.) и осенью (октябрь 2012 г.) на 37 %; величина осреднённых годовых показателей теплопотерь в целом также превышала нормальные значения. Как показал анализ (рис. 12), респираторные теплопотери органами дыхания у населения в годичном цикле имели максимальные значения традиционно в холодные месяцы года.

Вариации внутригодовой динамики комплекса метеофакторов (на примере 2010 г.) и расчётные величины теплопотерь указывали на факт высокого риска для кардиореспираторной системы жителей г. Сургута (рис. 13), что подтверждалось высокими значениями корреляционных коэффициентов. Такие болезни, как острые респираторные инфекции нижних дыхательных путей (J00-J22), астма (J45) и хронические болезни нижних дыхательных путей (J40-J44) имели высокие значения статистической ($p < 0,05$) корреляционной зависимости от величин теплопотерь – $r_s = 0,62$; $r_s = 0,68$ и $r_s = 0,71$ соответственно. Из спектра заболеваний органов кровообращения положительной связью отмечены нарушения проводимости и сердечного ритма (I44-I50) – $r_s = 0,78$, болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением (I10-I15) – $r_s = 0,64$ и цереброваскулярные болезни (I60-I69) – $r_s = 0,67$.

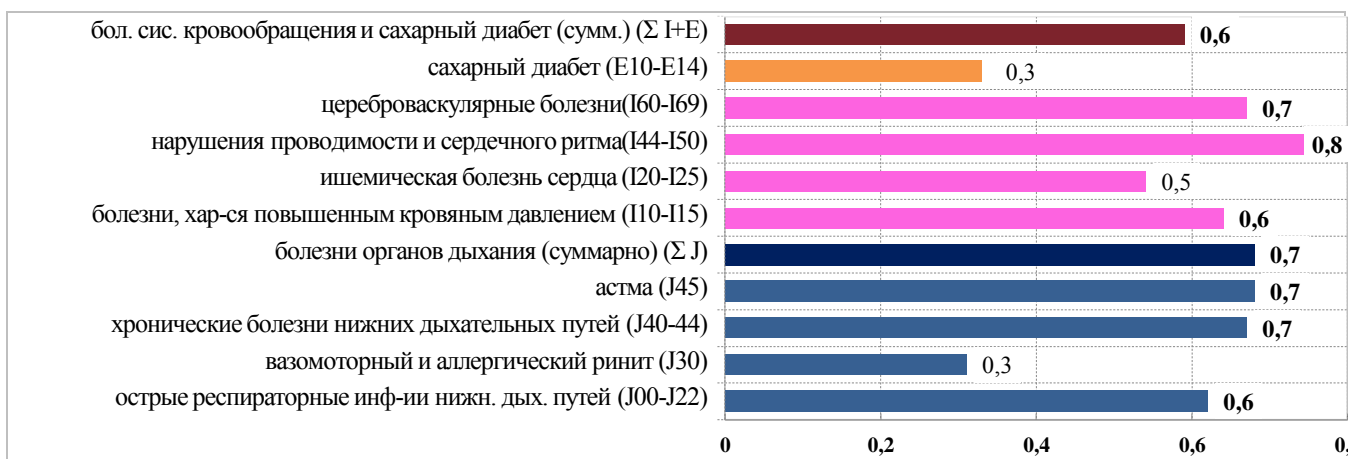


Рисунок 13. Корреляционные коэффициенты (r_s) взаимосвязи числа случаев обращений жителей г. Сургута по поводу климаточувствительных заболеваний с величинами теплопотерь (Qr , Вт) в течение 2010 года. Примечание: выделенные корреляции статистически значимы на уровне $p < 0,05$

При анализе значений корреляционных коэффициентов, характеризующих силу взаимосвязи показателей случаев обращений жителей г. Сургута по поводу климаточувствительных болезней с величиной объёмов квазиаттракторов метеопараметров (рис. 14), отмечена наиболее тесная взаимосвязь с заболеваниями эндокринной системы ($r_s = 0,27$), а в случае заболеваний органов дыхания – с хроническими болезнями нижних дыхательных путей (нозологическая группа J40-J44) – $r_s = 0,22$. Корреляционная связь для случаев заболеваний органов кровообращения в большинстве случаев была отрицательной.

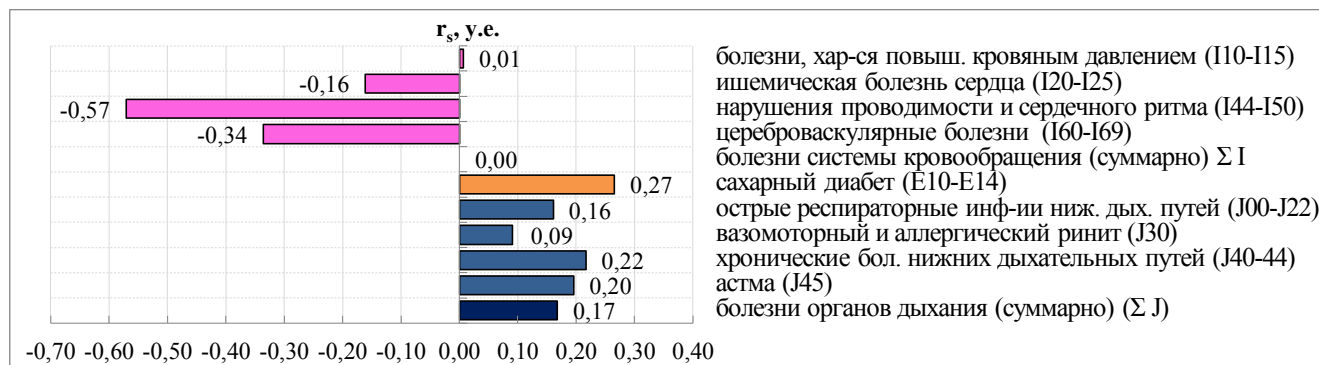


Рисунок 14. Значения корреляционных коэффициентов (r_s), характеризующих силу взаимосвязи случаев обращений жителей г. Сургута по поводу климаточувствительных заболеваний в течение 2010 г. с объемами квазиаттракторов (V_{ij} , у.е.) метеорологических параметров

Взаимосвязь величин объемов квазиаттракторов обращений с заболеваниями органов дыхания с объемами квазиаттракторов метеопараметров (с позиций ФПС) характеризовалась корреляционной связью умеренной силы ($r_s=0,48$).

Таким образом, анализ взаимосвязи показателей популяционного здоровья населения г. Сургута с погодно-климатическими условиями среды обитания с позиций разных подходов демонстрировал тесную корреляционную связь с такими признаками, как: общие теплотери органами дыхания, межсуточные температурные (ΔT) и перепады атмосферного давления (ΔP) окружающего воздуха, что определённо доказывает высокую степень негативного влияния метеорологических факторов на здоровье жителей урбанизированного Севера.

Глава 5.4 Сравнительный анализ взаимосвязи показателей популяционного здоровья жителей г. Сургута с загрязнением атмосферного воздуха

Анализ взаимосвязи обращений населения по климаточувствительным и экологозависимым болезням с содержанием аэрогенных поллютантов в атмосферном воздухе (в долях ПДК_{с.с.}) демонстрировал значимые связи (по коэффициентам корреляции) для нозологий болезней системы кровообращения с диоксидом азота и 3.4-бенз(а)пиреном (табл. 3). Также значимые корреляционные коэффициенты отмечены для обращаемости по поводу заболеваний органов дыхания с оксидом азота, оксидом углерода и 3.4-бенз(а)пиреном.

Таблица 3

Показатели парной взаимосвязи (коэффициент корреляции, r_s) частоты обращений населения по поводу климаточувствительных заболеваний от степени загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Сургута в динамике 2010 г.

Классы болезней и коды отдельных нозологий по МКБ-10	r_s/p	ОА	ДА	ОУ	ДС	ВЧ	Ф	ФА	БП	КИЗ А
Болезни системы кровообращения (суммарно), Σ I	r_s p	0.19 0.557	0.44 0.152	0.15 0.633	0.41 0.191	0.46 0.131	-0.45 0.145	-0.02 0.948	0.64 0.025	0.58 0.048
Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением, I10-I15	r_s p	0.12 0.713	0.38 0.226	0.13 0.681	0.40 0.199	0.34 0.276	-0.41 0.191	-0.10 0.746	0.66 0.020	0.54 0.071
Ишемическая болезнь сердца, I20-I25	r_s p	0.08 0.803	0.50 0.094	-0.03 0.931	0.24 0.449	0.53 0.079	-0.50 0.100	0.10 0.753	0.31 0.319	0.40 0.203
Нарушения проводимости и сердечного ритма, I44-I50	r_s p	0.22 0.491	0.64 0.025	0.12 0.721	0.56 0.060	0.21 0.505	-0.20 0.534	0.11 0.745	0.63 0.028	0.64 0.024
Цереброваскулярные болезни, I60-I69	r_s p	0.10 0.746	0.64 0.026	-0.01 0.983	0.47 0.124	0.24 0.457	-0.50 0.101	-0.10 0.762	0.71 0.009	0.57 0.051
Болезни эндокринной системы (сахарный диабет), E10-E14	r_s p	0.06 0.863	0.16 0.618	0.06 0.846	0.03 0.914	0.33 0.297	-0.64 0.026	-0.42 0.175	0.33 0.295	0.13 0.697
Болезни органов дыхания (суммарно), Σ J	r_s p	0.34 0.276	0.41 0.191	0.41 0.183	0.12 0.713	0.50 0.101	-0.25 0.430	0.15 0.649	0.56 0.056	0.66 0.018
Острые респираторные инфекции нижних дыхательных путей, J00-J22	r_s p	0.25 0.430	0.34 0.276	0.36 0.245	0.06 0.863	0.48 0.118	-0.18 0.572	0.18 0.572	0.46 0.133	0.60 0.039

Вазомоторный и аллергический ринит, J30	r_s	0.21	0.41	0.11	-0.02	-0.02	-0.46	-0.26	0.40	0.20
	p	0.513	0.183	0.729	0.948	0.948	0.131	0.417	0.193	0.527
Хронические болезни нижних дыхательных путей, J40-J44	r_s	0.59	-0.08	0.85	0.31	0.33	0.22	0.09	0.60	0.64
	p	0.042	0.812	0.001	0.331	0.297	0.499	0.779	0.039	0.026
Астма, J45	r_s	0.25	0.20	0.38	0.27	0.29	-0.21	-0.07	0.63	0.54
	p	0.430	0.542	0.217	0.391	0.366	0.513	0.829	0.029	0.071
Хронические болезни нижних дыхательных путей + астма, J40-J45	r_s	0.48	0.14	0.64	0.48	0.38	0.00	0.05	0.75	0.73
	p	0.118	0.665	0.026	0.112	0.217	1.000	0.880	0.005	0.007
Болезни системы кровообращения и органов дыхания (суммарно) $\Sigma I + \Sigma J$	r_s	0.30	0.34	0.38	0.20	0.46	-0.31	-0.04	0.63	0.62
	p	0.342	0.276	0.226	0.527	0.131	0.319	0.897	0.028	0.031

Примечание: Выделены значения, отмеченные как значимые. Условные обозначения: ОА – оксид углерода; ДА – диоксид азота; ОУ – оксид углерода; ДС – диоксид серы; ВЧ – взвешенные частицы; Ф – фенол; ФА – формальдегид; БП – 3,4 бенз(а)пирен; p – уровень статистической значимости.

Корреляционный анализ взаимосвязи случаев обращений с острыми респираторными инфекциями нижних дыхательных путей (J00-J22) с величиной объемов квазиаттракторов загрязняющих веществ для каждого месяца в динамике 2010 г. демонстрировал наличие значимых коэффициентов корреляции – $r_s=0,72$; с хроническими болезнями нижних дыхательных путей (J40-J44) – $r_s=0,71$; с суммарными показателями частоты обращений населения по поводу заболеваний органов дыхания – $r_s=0,71$ (рис. 15).

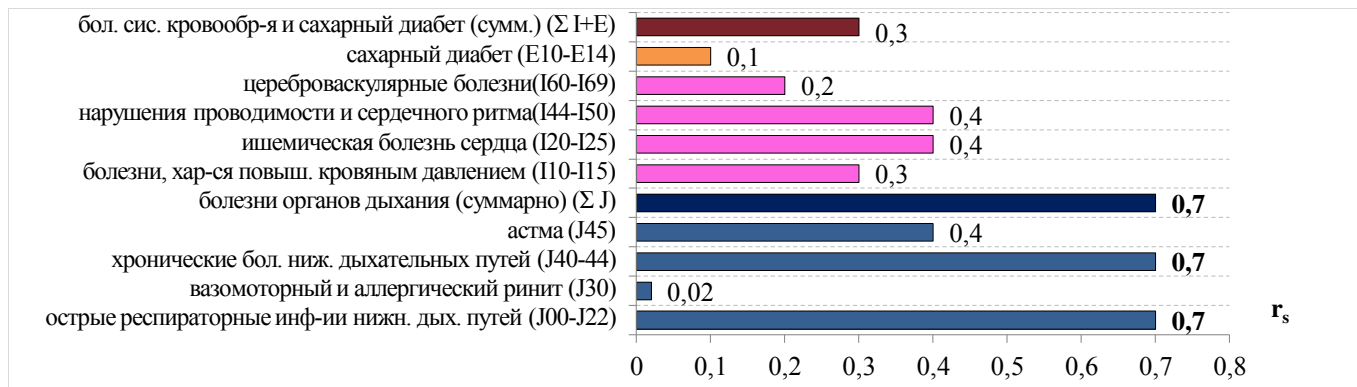
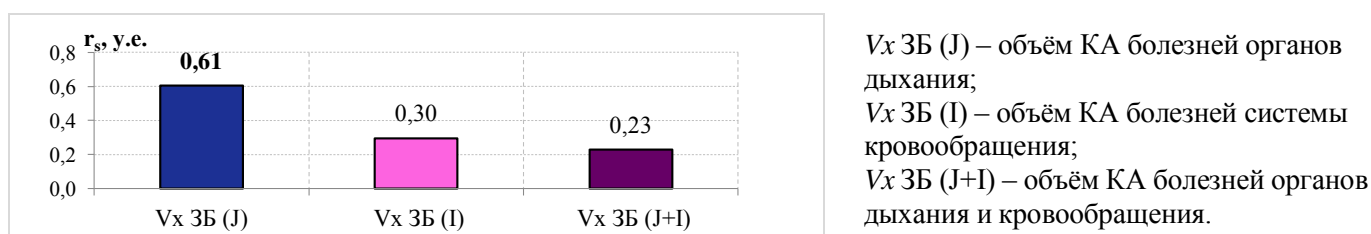


Рисунок 15. Значения корреляционных коэффициентов (r_s), характеризующих силу взаимосвязи показателей случаев обращений жителей г. Сургута по поводу климаточувствительных заболеваний с величиной объемов квазиаттракторов (V_{ij} , у.е.) аэрогенных поллютантов в течение 2010 года. Примечание: выделенные корреляции статистически значимы на уровне $p < 0,05$

Анализ взаимосвязей, полученных с применением методов хаоса и самоорганизации, а именно объемов квазиаттракторов показателей здоровья и аэрогенных поллютантов, демонстрировал наличие статистической корреляционной связи заметной силы ($r_s=0,61$) с заболеваемостью населения по болезням органов дыхания (рис. 16).



Vx ЗБ (J) – объем КА болезней органов дыхания;
 Vx ЗБ (I) – объем КА болезней системы кровообращения;
 Vx ЗБ (J+I) – объем КА болезней органов дыхания и кровообращения.

Рисунок 16. Корреляционные коэффициенты (r_s) взаимосвязи величин объемов квазиаттракторов случаев обращений жителей г. Сургута по поводу экологически зависимых заболеваний с объемами квазиаттракторов аэрогенных поллютантов в течение 2010 года. Примечание: выделенные корреляции статистически значимы на уровне $p < 0,05$

Взаимосвязь объёмов квазиаттракторов для заболеваний системы кровообращения, а также суммарных значений случаев обращений ($\Sigma J+I$) для населения с КА аэрогенных поллютантов представлена корреляционной связью слабой силы.

Анализ случаев обращений жителей г. Сургута в медицинские учреждения по поводу болезней органов дыхания на фоне уровня загрязнения атмосферного воздуха вышеперечисленными аэрогенными веществами, демонстрировал прямую связь с содержанием данных ингредиентов (суммарно, по значению КИЗА), и эта взаимосвязанность с применением критерия ранговой корреляции Спирмена, характеризовалась значением коэффициента заметной силы – $r_s=0,66$ при $p=0,018$ (рис. 17).

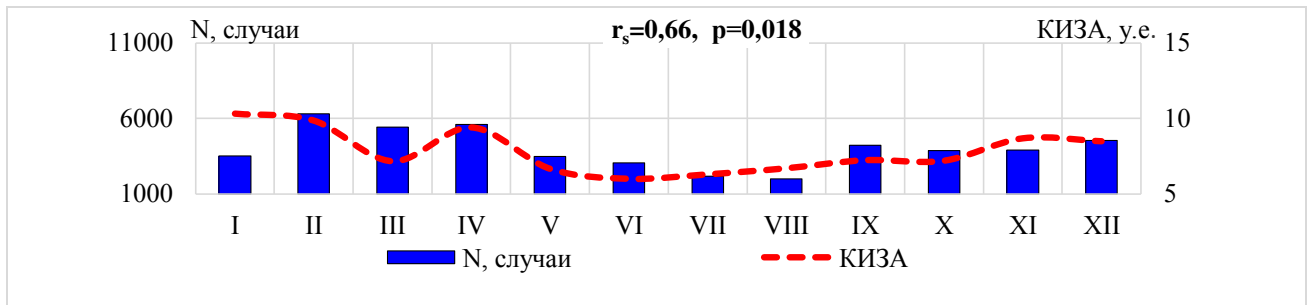


Рисунок 17. Обращаемость взрослого населения (число случаев) г. Сургута по поводу болезней органов дыхания в годовой динамике 2010 г. на фоне загрязнённости атмосферного воздуха (по величине КИЗА)

Результаты регрессионного анализа, предполагающего установление функциональной зависимости ряда исследуемых признаков по их влиянию на совокупные показатели популяционного здоровья населения, демонстрировали наличие значимой связи для случаев обращений с заболеваниями эндокринной системы с содержанием фенола в атмосферном воздухе (в долях ПДК) (табл. 4). Коэффициент детерминации в этом случае $R^2=0,45$. Также отмечено значимое влияние содержания 3,4-бенз(а)пирена на количество обращений с заболеваниями системы кровообращения ($R^2=0,39$). При анализе связи загрязнения атмосферного воздуха и случаями обращений с заболеваниями органов дыхания отмечено, что значимый коэффициент детерминации наблюдался при учёте комплексного индекса загрязнения атмосферы ($R^2=0,36$).

Таблица 4

Результаты регрессионного анализа влияния аэрогенных поллютантов на показатели обращаемости населения с климаточувствительными заболеваниями

Параметр	Заболевания органов дыхания (ΣJ)	Заболевания системы кровообращения (ΣI)	Заболевания эндокринной системы (E10-E14)
Диоксид азота	$R^2=0.06$; $F=0.62$ $2315.8+1821.0 \cdot x$	$R^2=0.19$; $F=2.42$ $1613.1+2215.4 \cdot x$	$R^2=0.02$; $F=0.21$ $1081.9+203.91 \cdot x$
Оксид углерода	$R^2=0.23$; $F=3.02$ $2224.8+6461.6 \cdot x$	$R^2=0.002$; $F=0.02$ $3583.4+351.75 \cdot x$	$R^2=0.07$; $F=0.72$ $1454.9-659.1 \cdot x$
Диоксид серы	$R^2=0.02$; $F=0.15$ $3392.7+12052 \cdot x$	$R^2=0.03$; $F=0.28$ $3119.6+10863 \cdot x$	$R^2=0.15$; $F=1.77$ $1646.7-7248 \cdot x$
Взвешенные частицы	$R^2=0.05$; $F=0.52$ $2560.6+2315.4 \cdot x$	$R^2=0.004$; $F=0.04$ $3418.0+418.23 \cdot x$	$R^2=0.005$; $F=0.05$ $1185.1+138.64 \cdot x$
Фенол	$R^2=0.001$; $F=0.01$ $4200.7-247.0 \cdot x$	$R^2=0.13$; $F=1.50$ $5260.3-2106 \cdot x$	$R^2=0.45$; $F=8.13$ $2105-1110 \cdot x$
Формальдегид	$R^2=0.01$; $F=0.1$ $2819.5+589.78 \cdot x$	$R^2=0.03$; $F=0.33$ $5108.5-704.0 \cdot x$	$R^2=0.22$; $F=2.86$ $2345.3-529.2 \cdot x$
3,4-бенз(а)пирен	$R^2=0.31$; $F=4.44$ $1758.7+1417.8 \cdot x$	$R^2=0.39$; $F=6.40$ $1982.9+1066.8 \cdot x$	$R^2=0.001$; $F=0.01$ $1299.6-17.21 \cdot x$
КИЗА	$R^2=0.36$; $F=5.60$ $-221.4+540.15 \cdot x$	$R^2=0.23$; $F=2.98$ $1417.7+288.53 \cdot x$	$R^2=0.04$; $F=0.44$ $1548.1-35.17 \cdot x$

Примечание: R^2 – коэффициент детерминации; F – критерий Фишера. Выделены значения, отмеченные как значимые.

Анализ корреляционных связей парной взаимосвязи показателей заболеваемости населения по климаточувствительным болезням населения (по данным обращений жителей) с погодно-климатическими условиями окружающей среды и степенью загрязнённости атмосферного воздуха в условиях г Сургута в период 2010-2014 гг. в целом обнаружил 19,2 % (49 коэффициентов корреляции из 255) статистических взаимосвязей положительной направленности. В наборе значимых признаков наибольший удельный вес по рейтингу имели следующие параметры: «теплопотери для органов дыхания» (Qr), «3,4-бенз(а)пирен», «комплексный индекс загрязнения атмосферы» (КИЗА) и «объём квазиаттрактора загрязняющих веществ» (V_{x3B}) и их доля составляла, соответственно: 76,5 %, 58,8 %, 47,1 % и 29,4 % от числа значимых корреляционных взаимосвязей в соответствующем комплексе признаков – по 17 возможных парных комбинаций для каждого параметра (рис. 18). Средневзвешенное значение удельного веса (%) по блоку признаков для метеоэлементов составило 17,1 %, а для комплекса атмосферных загрязняющих веществ – 23,5 %, что характеризовало величину суммарной нагрузки по влиянию погодно-климатического режима и уровня загрязнения атмосферного воздуха на показатели общественного здоровья населения.

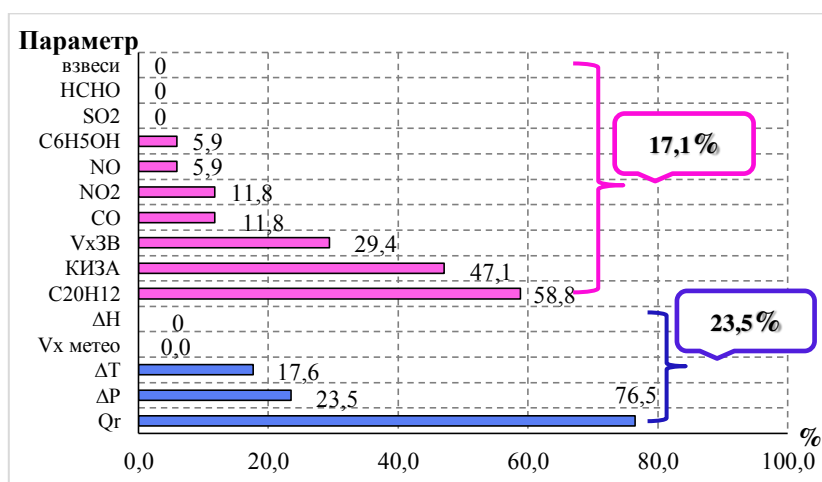


Рисунок 18. Ранжирование отдельных признаков по значимости их влияния на число обращений населения по климаточувствительным и экологозависимым болезням системы органов дыхания и кровообращения у жителей (суммарные случаи) и их долевой вклад (%) по результатам анализа парных корреляционных статистических взаимосвязей

на оси ОУ обозначены Qr – теплопотери, Вт; ΔP – межсуточная изменчивость атмосферного давления, мбар; ΔT – межсуточная температурная изменчивость, °С; ΔH – межсуточная изменчивость влажности воздуха; $V_{x\text{метео}}$ – объём квазиаттрактора для комплекса метеоэлементов, у.е.; КИЗА – комплексный индекс загрязнения воздуха, у.е.; V_{x3B} – объём квазиаттрактора для аэрогенных поллютантов, у.е.

В целом, антропогенный прессинг в сочетании с погодно-климатической нагрузкой составил 40,6 %, что является высоким региональным показателем, свидетельствующем о повышенной нагрузке на организм человека и показатели популяционного здоровья в условиях урбанизированных северных территорий (Хаснулин, 2012).

Таким образом, метод анализа взаимосвязей отдельных параметров окружающей среды путём парной корреляционной зависимости, а также алгоритм множественной регрессии в выявлении значимых признаков и их удельного веса показали, что в установлении степени воздействия факторов погодно-климатических условий и аэрогенной обстановки на показатели популяционного здоровья *следует признать объективным* влияние факторов абиотической среды – погодно-климатических условий и комплекса атмосферных поллютантов, которые воздействуют не изолированно, а в комплексе.

Такие параметры, как величина теплопотерь для органов дыхания у жителей, учитывающая сочетание режима температуры и влажности атмосферного воздуха в холодный и переходные

периоды года, отдельные загрязнители атмосферного воздуха – в частности 3,4-бенз(а)пирен, а также совокупность влияния комплекса атмосферных загрязняющих веществ (величина КИЗА), воздействие которых носит синергетический характер, являются предикторами или факторами риска в формировании кардиореспираторных патологий у взрослого населения г. Сургута.

ВЫВОДЫ

1. Направленность региональных погодноклиматических изменений имела общую тенденцию потепления в летний ($\Delta T_{2014-2010} = +0,5 \text{ C}^\circ$) и в зимний ($\Delta T_{2014-2010} = +0,1 \text{ C}^\circ$) сезоны года, что характеризует определённый (детерминированный) режим за период 2010-2014 гг. В годичном ходе кривая метеозлементов нестационарна, отличалась высокой межсуточной изменчивостью метеопараметров: $\Delta T = 0,0 \div 21,7 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta P = 0,0 \div 47,2 \text{ мбар}$; $\Delta H = 0 \div 66 \text{ \%}$. Суровость зимних погодных условий отмечалась жёсткостью, с повторяемостью «умеренно суровых» (52,7 %) и «суровых-крайне суровых» (37,3 %) типов погоды в условиях г. Сургута, что указывало на присутствие значительной доли некомфортных метеоусловий для здоровья населения.

2. Применение алгоритмов на основе ГХС в m -мерном пространстве признаков в оценке параметров объёмов квазиаттракторов (КА) погодноклиматических показателей, иллюстрировало высокий разброс в размерах КА при сравнении сезонов года в динамике лет: январь – в 2,2 раза; апрель – 47,3 раза; июль – 62,9 раза; октябрь – 3,5 раза. Сравнение сезонной динамики погодных условий демонстрировало следующую значимость метеопараметров, как фазовых переменных m -мерного пространства: температура – 42 % случаев в зимний период и 17 % – летом; атмосферное давление в осенний (75 %), летний (67 %) и весенний (в 50 %) сезоны; относительная влажность – 33 % случаев весной, что подтверждает высокие контрасты погодноклиматических условий северной территории и отражает региональную специфику этих тенденций.

3. Уровень загрязнения атмосферного воздуха для селитебной территории г. Сургута характеризовался как «высокий», приоритетными поллютантами являлись такие вещества, как: формальдегид с вкладом 37,9 % в общий уровень загрязнения; 3,4 бенз(а)пирен – 26,1 %; фенол – 10,3 %; диоксид азота – 9,1 % и взвешенные частицы – 7,8 %. Расчётный уровень *хронического неканцерогенного риска* ($HI=8,28$) здоровью населения представляли вещества мононаправленного механизма действия, воздействующие на органы дыхания ($HI=6,54$) и на иммунную систему ($HI=4,41$) с вкладом формальдегида (32,9 %), 3,4 бенз(а)пирена (19,9 %) и взвешенных частиц (17,2 %). Величина суммарного уровня *хронического канцерогенного риска* ($\Sigma CR=6.0 \cdot 10^{-5}$) соответствовала приемлемому уровню для безопасности здоровья человека с основным вкладом (по опасности) соединений хрома (62,0 %) и формальдегида (37,2 %).

4. Матричный способ расчёта межаттракторных расстояний для кластеров аэрогенных веществ с выявлением весомости фазовых переменных на основе метода ФПС, показал значимость формальдегида в 67 % случаев (весна, лето и осень) и 3,4-бенз(а)пирена в 33 % случаев – зимний и весенний периоды и 17 % – осенью, что значительно выше величин, полученных с применением методов санитарно-гигиенического подхода и оценки риска для аэрогенных поллютантов. Оценка межаттракторных расстояний является диагностическим и чувствительным признаком при анализе различий в динамике экологических факторов.

5. В спектре *обращений* взрослого населения г. Сургута за медицинской помощью (на примере 2010 г) доля климаточувствительных болезней составляла 22,6 % от количества всех случаев: болезни органов дыхания (класс $\Sigma J00-J45$) – 10,1 %, кровообращения (класс $\Sigma I10-I69$) – 9,3 % и эндокринной системы (класс $E10-E14$) – 3,2 %. Динамика *госпитализации* взрослого населения за 2010-2014 гг. по болезням системы кровообращения (класс $\Sigma I00-I99$) отличалась сезонностью с очевидным максимумом в холодный и переходный периоды года и снижением в летние месяцы: индекс сезонности изменялся в диапазоне $38 \% \div 129 \text{ \%}$ – зимой; $90 \% \div 140 \text{ \%}$ – весной; $82 \% \div 127 \text{ \%}$

– осенью. Присутствие сезонности в картине госпитализации жителей г. Сургута по поводу климаточувствительных болезней соотносилось с высокой биоклиматической контрастностью северной территории.

6. В структуре климаточувствительных заболеваний у населения отмечалось дифференцирование по половозрастному профилю: возрастная группа трудоспособного населения от 25 до 44 лет является группой повышенного риска по болезням органов дыхания, а группа с 44 до 60 лет – по болезням системы кровообращения с более выраженной картиной для мужчин, что доказывает факт существенного влияния биоклиматических условий и высокую степень риска обострений или развития климаточувствительных болезней.

7. Корреляционный анализ *обращений* жителей по климаточувствительным заболеваниям на фоне погодной изменчивости показал наличие взаимосвязей достоверного характера ($p < 0,05$): с температурными перепадами $r_s = 0,49$ (болезни кровообращения) и $r_s = 0,39$ (болезни органов дыхания); с перепадами атмосферного давления $r_s = 0,35$ (болезни кровообращения) и $r_s = 0,60$ (болезни органов дыхания). Применение метода ФПС демонстрировало более высокую взаимосвязь между объёмами квазиаттракторов комплекса метеоэлементов ($V_{\text{метео}}$) с параметрами обращений по болезням органов дыхания $r_s = 0,48$.

8. Влияние загрязнения воздуха на популяционные показатели здоровья населения (обращаемость) путём корреляционно-регрессионного анализа проявлялось на уровне статистически значимых связей заметной силы – $r_s = 0,58$ (болезни кровообращения) $r_s = 0,66$ (болезни органов дыхания) и $r_s = 0,61$ – с позиций метода ФПС (болезни органов дыхания), что подтверждало сопоставимость применения разных методов оценки взаимовлияния комплекса атмосферных поллютантов на популяционные показатели здоровья населения.

9. Установлена величина комплексной нагрузки климатотехногенного прессинга на показатели общественного здоровья жителей г. Сургута по климаточувствительным и экологозависимым заболеваниям – в совокупности 40,6 %, из них 17,1 % – связано с присутствием загрязняющих веществ в окружающем воздухе, и 23,5 % – обусловлено погодно-климатическими условиями.

10. Сезонные изменения индекса акклиматизационной нагрузки на органы дыхания для жителей г. Сургута в месте постоянного проживания превышали значения нормы на 44,3 % в зимний период, на 14,5 % весной и на 21,1 % осенью, что приводит к высокому уровню теплопотерь через органы дыхания и является фактором риска в формировании кардиореспираторных патологий у взрослого населения.

Опубликованные работы по теме диссертации:

Монографии

1. Русак, С.Н. Климатоэкологические изменения и здоровье населения Югры: монография / С.Н. Русак, О.Е. Филатова, Л.М. Бикмухаметова. – Тула: Тульский государственный университет, 2016. – 210 с.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Бикмухаметова, Л.М. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения Среднего Приобья болезнями органов дыхания / Л.М. Бикмухаметова // Проблемы региональной экологии. – 2020. – № 2. – С. 27-32.

2. Бикмухаметова, Л.М. Биоэкологическая оценка комфортности температурного компонента погодно-климатических условий и его влияний на состояние здоровья жителей Среднего Приобья / Л.М. Бикмухаметова, С.Н. Русак // Самарский научный вестник. – 2019. – Т. 8, № 4 (29). – С. 14-18.

3. Бикмухаметова, Л.М. Климатоэкологическая обусловленность здоровья населения в условиях Среднего Приобья / Л.М. Бикмухаметова, С.Н. Русак // Проблемы региональной экологии. – 2019. – № 5. – С. 11-17.

4. **Бикмухаметова, Л.М.** Биоклиматическая оценка комфортности проживания в условиях территории Среднего Приобья / Л.М. Бикмухаметова // Экология урбанизированных территорий. – 2019. – № 4. – С. 66-71.

5. Русак, С.Н. Метеочувствительные заболевания населения Югры в условиях погодной изменчивости / С.Н. Русак, О.Е. Филатова, **Л.М. Бикмухаметова** // Вестник новых медицинских технологий [Электронное издание]. – 2017. – Т. 11, № 1. – С. 30-37. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28872116>

6. Русак, С.Н. Неопределённость в оценке погодно-климатических факторов на примере ХМАО – Югры / С.Н. Русак, О.Е. Филатова, **Л.М. Бикмухаметова** // Вестник новых медицинских технологий. – 2016. – Т. 23, № 1. – С. 15-19.

7. Вохмина, Ю. В. Стационарные режимы поведения сложных биосистем в рамках теории хаоса-самоорганизации / Ю.В. Вохмина, В.В. Полухин, **Л.М. Бикмухаметова**, М.В. Тотчасова // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21, № 1. – С. 141-144.

Публикации в других изданиях

1. Русак С.Н. Вейвлет-анализ и детерминированный хаос в динамике метеорологических факторов на территории г. Сургута / С.Н. Русак, **Л.М. Бикмухаметова**, И.И. Варлам // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 1. – С. 21-27.

2. **Бикмухаметова Л.М.** Влияние метеофакторов на показатели здоровья женского населения г. Сургута / Л.М. Бикмухаметова // Международный академический вестник. – 2019. – № 5 (37). – С. 2-4.

3. Русак, С.Н. Метеочувствительность и метеопатия: современные хаотические методы оценки погодной динамики на примере ХМАО – Югры / С.Н. Русак, **Л.М. Бикмухаметова**, О.Е. Филатова, Ю.М. Попов // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2017. – № 1. – С. 19-25.

4. Попов, Ю.М. Хаотические методы оценки погодной динамики на примере ХМАО – Югры / Ю.М. Попов, С.Н. Русак, **Л.М. Бикмухаметова**, О.Е. Филатова // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2017. – № 2. – С. 32-35.

5 **Бикмухаметова Л.М.** Оценка взаимосвязи случаев экстренной госпитализации жителей города Сургута на фоне погодной изменчивости / Л.М. Бикмухаметова, С.Н. Русак // Север России: стратегии и перспективы развития: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. – Сургут, 2017. – С. 198-201.

6. Русак С.Н. Нелинейная динамика погодно-климатических факторов и состояние параметров организма / С.Н. Русак, О.Е. Филатова, **Л.М. Бикмухаметова** // Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях – 2017: труды V Всероссийской конференции. – Нижний Новгород, 2017. – С. 188-189.

7. Русак, С.Н. Динамика погодно-климатических факторов в условиях метеорологической неопределённости на примере ХМАО – Югры / С.Н. Русак, О.Е. Филатова, Д.В. Горбунов, **Л.М. Бикмухаметова** // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2016. – № 1. – С. 38-44.

8. **Бикмухаметова, Л.М.** О метеочувствительных реакциях населения г. Сургута / Л.М. Бикмухаметова, С.Н. Русак, А.А. Прасолова // Север России: стратегии и перспективы развития: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Сургут, 2016. – С. 80-85.

9. Русак, С.Н. Квазиаттракторы погодно-климатических факторов Югры и заболеваемость населения / С.Н. Русак, О.Е. Филатова, **Л.М. Бикмухаметова**, Д.В. Синенко // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 3. – С. 26-34.

10. Русак, С. Н. Биоинформационные технологии в анализе фазовых портретов погодно-климатических факторов в m -мерном пространстве признаков / С.Н. Русак, Д.И. Молягов, **Л.М. Бикмухаметова**, О.Е. Филатова // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 3. – С. 24-28.

11. Русак, С.Н. Хаотическая динамика факторов среды и здоровье населения ХМАО – Югры / С.Н. Русак, Д.И. Молягов, **Л.М. Бикмухаметова**, О.Е. Филатова // Сб. мат. Межд. конф. «Математика и информационные технологии в нефтегазовом комплексе». – Сургут, 2014. – С. 150-152.