

*На правах рукописи*



**Кудусова Луиза Халимовна**

**КОМПЛЕКСНАЯ ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА  
ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ СОЧЕТАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ  
ВНЕШНЕСРЕДОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

3.2.1. Гигиена

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Пермь 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Научный руководитель:**

**Боев Михаил Викторович**, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры общей и коммунальной гигиены Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Официальные оппоненты:**

**Елисеев Юрий Юрьевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей гигиены и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Латышевская Наталья Ивановна** – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой общей гигиены и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Волгоградский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита состоится « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании объединенного диссертационного совета Д 99.0.040.02 на базе Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации (614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26).

С диссертацией можно ознакомиться на сайте [www.fcrisk.ru](http://www.fcrisk.ru) ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» и в библиотеке ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России (614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26), с авторефератом на сайтах [www.fcrisk.ru](http://www.fcrisk.ru) и [www.vak.minobrнауki.gov.ru](http://www.vak.minobrнауki.gov.ru)

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор медицинских наук, доцент



**Землянова Марина Александровна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Сохранение здоровья и благополучия населения является основополагающим приоритетом для развития страны, что отражено как первостепенная национальная цель в Указах Президента Российской Федерации № 254 «О Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года» (2019г.) и № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации до 2030 года» (2020г.), в которых подчеркнута приоритетность реализации программ по борьбе с онкологическими заболеваниями. Злокачественные новообразования являются одной из основных причин общей смертности населения (Петрова Г.В. с соавт., 2014; Заридзе Д.Г. с соавт., 2017), при этом по данным Международного агентства по изучению рака факторы среды обитания и образа жизни детерминируют более двух третей случаев заболеваний (WHO, 2014). В ранее проведенных исследованиях онкоэпидемиологической обстановки в Оренбургской области было установлено, что за последний десятилетний период уровень первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями вырос на 23,7%, опережая среднегодовой показатель по РФ и ПФО в 1,5 раза (Боршук Е.Л. с соавт., 2020).

В последние годы значительное количество научных исследований касались, в основном, оценки влияния химического фактора окружающей среды на формирование заболеваемости населения злокачественными новообразованиями (Зайцева Н.В. с соавт., 2009; Май И.В. с соавт., 2011; Авалиани С.Л., 2014; Рахманин Ю.А., 2014; Новиков С.М., 2015), и недостаточно данных о канцерогенных рисках, ассоциированных с физическими факторами среды обитания.

По данным Всемирной организации здравоохранения электромагнитные поля (ЭМП) радиочастотного диапазона с 2011 года признаны канцерогенным фактором среды обитания класса 2В (WHO, 2011). При этом электромагнитная нагрузка на население увеличивается за счет размещения и функционирования приемо-передающих радиотехнических объектов, главным образом, базовых станций сотовой связи (прирост количества на 20-50% в год на различных территориях), а также от персональных абонентских устройств сотовой связи (Дунаев В.Н. с соавт., 2007; Григорьев Ю.Г., 2014; Луценко Л.А., 2016). В то же время в отдельных работах представлены неоднозначные результаты о формировании риска развития злокачественных опухолей, ассоциированных с воздействием электромагнитных излучений (Григорьев О.А., 2012; Benson V.S., 2013; Morgan L.L. et al., 2015; Gray J.M. et al., 2017; Hardell L., 2020).

При этом остается невыясненным целый ряд вопросов, касающихся гигиенической оценки канцерогенного риска при воздействии электромагнитных полей радиочастотного диапазона (300 МГц-300 ГГц) от базовых станций, персональных абонентских устройств сотовой связи, суммарного риска при воздействии ЭМП, а также оценки уровня сочетанного канцерогенного риска при многосредовой экспозиции химических веществ и электромагнитных полей.

Перечисленный круг нерешенных вопросов определяет актуальность, цели и задачи данного исследования.

**Степень разработанности темы исследования.** В многочисленных работах показано значение химических веществ в формировании заболеваемости злокачественными новообразованиями у населения (Клейн С.В. с соавт., 2010; Лебеденко С.А., 2015; Кряжева Е.А., 2020; Chang C.C. et al., 2009), при этом не в полной мере представлена гигиеническая оценка многосредового и многокомпонентного воздействия химических ксенобиотиков на здоровье населения (Кузьмин С.В. с соавт., 2007; Корнилков А.С. с соавт., 2013; Курчанов В.И. с соавт., 2015; Андрюков Б.Г., 2015).

Исследования по изучению влияния электромагнитных полей на здоровье населения в основном касаются профессиональных групп (Григорьев Ю.Г. с соавт., 2010; Маслеева О.В. с соавт., 2018; Sorahan T. et al., 2004; Stein Y. et al., 2020). В отдельных работах проведена оценка уровней электромагнитных полей на территориях жилой застройки (Май И.В. с соавт., 2017; Баландович Б.А. с соавт., 2018; Renke A. et al., 2016). В ряде научных исследований представлена оценка сочетанного воздействия химического загрязнения атмосферного воздуха и транспортного шума (Зайцева Н.В. с соавт., 2011, 2013), действия химических веществ и электромагнитных полей 50 Гц на состояние здоровья (Русин М.Н. с соавт., 2015).

Однако вопросы гигиенической оценки канцерогенного риска для здоровья населения при суммарном воздействии электромагнитных излучений от базовых станций и персональных средств сотовой связи, а также оценки сочетанного канцерогенного риска здоровью населения, ассоциированного с воздействием многосредовых химических факторов и электромагнитных полей радиочастотного диапазона на территориях промышленного города остаются малоизученными.

В связи с этим важным аспектом установления причинно-следственных связей формирования онкологической заболеваемости населения промышленного города является оценка сочетанного риска, обусловленного воздействием химических и физических факторов среды обитания.

**Цель исследования:** провести гигиеническую оценку сочетанного канцерогенного риска здоровью и особенностей формирования онкологической заболеваемости у населения, ассоциированных с электромагнитными полями радиочастотного диапазона и внешнесредовыми химическими факторами промышленного города.

**Задачи исследования:**

1. Провести эпидемиологический анализ первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями у населения крупного промышленного города.
2. Выполнить сравнительную территориальную гигиеническую оценку канцерогенного риска здоровью населения при многокомпонентном многосредовом воздействии химических веществ.
3. Провести комплексную оценку канцерогенного риска здоровью населения при воздействии электромагнитных полей радиочастотного диапазона от базовых станций и персональных абонентских устройств сотовой связи.
4. Оценить сочетанный канцерогенный риск здоровью населения, ассоциированного с воздействием внешнесредовых химических и физических факторов на территориях промышленного города.
5. Выполнить оценку причинно-следственных связей между уровнем первичной онкологической заболеваемости населения и сочетанным действием канцерогенных факторов среды обитания.

**Научная новизна исследования:**

- Установлены внутритерриториальные эпидемиологические особенности злокачественных новообразований, территории риска формирования онкологической патологии, обусловленные уровнем антропогенной нагрузки.
- Проанализированы внутритерриториальные различия уровня и структуры многосредового канцерогенного риска при воздействии химических веществ в административных районах промышленного города.
- Научно обоснованы и идентифицированы внутритерриториальные уровни электромагнитных полей (300 МГц-300 ГГц) от базовых станций сотовой связи и персональных абонентских устройств с оценкой канцерогенного риска здоровью населения.
- Впервые параметризованы причинно-следственные связи зависимостей в системе «канцерогенные химические и физические факторы среды обитания – первичная онкологическая заболеваемость» для территорий крупного промышленного города.
- Впервые проведен анализ уровня и структуры сочетанного риска формирования онкологической заболеваемости населения, ассоциированного с воздействием внешнесредовых химических и физических факторов на территориях промышленного города.
- Научно обоснована прогностическая модель первичной онкологической заболеваемости населения при сочетанном действии факторов риска химической и физической природы.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты исследования расширяют представления о формировании суммарного канцерогенного риска здоровью населения при воздействии химических и физических факторов. Получены теоретически значимые данные о количественной оценке канцерогенного риска при воздействии ЭМП от передающих объектов сотовой связи (базовых станций) и использовании персональных абонентских устройств сотовой

связи. Впервые разработана электронная карта города с расчетом внутритерриториальной удельной нагрузки и выделением территорий риска по данному фактору.

Практическая значимость заключается во внедрении результатов гигиенической оценки канцерогенных рисков при воздействии химических веществ на этапе планирования санитарно-эпидемиологических мероприятий в сфере контрольно-надзорной деятельности, организации региональной системы социально-гигиенического мониторинга на территории областного центра. Полученные результаты оценки электромагнитной обстановки города дают обоснование для выбора приоритетных точек инструментального контроля уровней электромагнитных полей (300 МГц-300 ГГц) в рамках социально-гигиенического мониторинга, в том числе в подготовке проектов информационно-методических писем.

Предложенный научно-методический подход для оценки сочетанных канцерогенных рисков позволяет на региональном уровне выделить территории, требующих первостепенных медико-профилактических мероприятий по снижению уровня риска здоровью населения. Представленная модель прогноза первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями населения позволяет выделить приоритетные направления первичной профилактики изучаемой патологии.

Результаты диссертационного исследования используются в курсе обучения студентов медико-профилактического факультета при чтении лекций и на практических занятиях на кафедре общей и коммунальной гигиены ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России (акт внедрения от 24.01.2022).

На основании результатов данного научного исследования разработано информационно-методическое письмо «Формирование канцерогенного риска здоровью населения в условиях сочетанного действия факторов химической и физической природы» (Оренбург, 2022 г.), представленные в нем заключения и рекомендации используются в профилактической деятельности Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Оренбургский областной центр общественного здоровья и медицинской профилактики» (акт внедрения от 18.01.2022).

**Методология и методы диссертационного исследования.** Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации на кафедре общей и коммунальной гигиены (номер государственной регистрации научно-исследовательской работы № 01201350428). Для достижения поставленной цели и выполнения задач данного исследования применены комплекс санитарно-гигиенических, эпидемиологических, социологических методов, методология оценки канцерогенного риска здоровью населения при воздействии химических канцерогенных веществ и переменных электромагнитных полей радиочастотного диапазона, статистические методы, в том числе метод математического анализа установления причинно-следственных связей, моделирования уровней онкозаболеваемости при воздействии химических и физического факторов среды обитания.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Первичная заболеваемость злокачественными новообразованиями населения промышленного города характеризуется высоким уровнем и стабильной динамикой роста показателей в Ленинском и Дзержинском районах, ассоциированных с воздействием химических факторов и электромагнитных полей радиочастотного диапазона.
2. Суммарный канцерогенный риск здоровью населения при многосредовой экспозиции химических веществ классифицируется как неприемлемый. Суммарный приведенный индекс канцерогенного риска при воздействии электромагнитных полей от базовых станций и персональных средств сотовой связи оценивается как низкий.
3. Сочетанный канцерогенный риск для здоровья населения, формируемый химическими факторами и электромагнитными полями радиочастотного диапазона, характеризуется как неприемлемый, и требует мероприятий по снижению уровня воздействия.

4. Прогностическая модель причинно-следственных связей в системе «канцерогенные факторы среды обитания – первичная заболеваемость злокачественными новообразованиями» устанавливает приоритетные факторы химической и физической природы для принятия управленческих решений на донозологическом этапе.

**Степень достоверности и апробация результатов исследования.** Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов определяются методологическим качеством исследования (применены общенаучные методы, углубленный ретроспективный анализ с применением гигиенических и эпидемиологических методов, социологические методы и методология математического моделирования), значительным объемом первичного материала и продолжительным периодом исследования, использованием современных методов математического анализа данных.

Основные положения и результаты диссертационного исследования представлены и обсуждены на Всероссийских научно-практических конференциях с международным участием «Актуальные направления развития социально-гигиенического мониторинга и анализа риска здоровью» (Пермь, 2013 г.), «Актуальные проблемы безопасности и оценки риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания» (Пермь, 2014 г.), «Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей» (Пермь, 2019 г.), «Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2020 и круглым столом по безопасности питания» (Пермь, 2020 г.), Пленуме «Научно-методологические и законодательные основы совершенствования нормативно-правовой базы профилактического здравоохранения: проблемы и пути их решения» (Москва, 2012г.), III Международном Форуме Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды «Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения» (Москва, 2018 г.), Всероссийской дистанционной интернет-конференции «Актуальные вопросы ведения социально-гигиенического мониторинга» (Курск, 2012 г.), I Международной научно-практической Интернет-конференции «Современные проблемы здоровья и пути их решения», приуроченной к Всемирным дням борьбы с заболеваниями и проблем, связанных с ними (Оренбург, 2013 г.), Международном научно-практическом форуме «Наука и культура» (Оренбург, 2014 г.), III Международном молодежном научно-практическом форуме «Медицина будущего: от разработки до внедрения» (Оренбург, 2019 г.).

Диссертационная работа апробирована на расширенном заседании кафедр ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России: кафедра общей и коммунальной гигиены; кафедра общественного здоровья и здравоохранения № 1; кафедра эпидемиологии и инфекционных болезней; кафедра химии; кафедра микробиологии, вирусологии, иммунологии и кафедра биологии (протокол №1 от 07.02.2022 г.).

**Публикации.** Положения и результаты диссертационного исследования отражены в 16 опубликованных научных работах, в том числе 5 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для публикации основных научных результатов диссертации, из них 1 – в журнале, индексируемом в базе данных Web of Science и SCOPUS.

**Личный вклад автора.** Доля личного участия автора в процессе планирования и проведения диссертационного исследования составила 80 %, включая постановку цели и задач исследования, выбора базы данных работы. Автор самостоятельно произвел анализ зарубежных и отечественных литературных источников по теме научной работы, осуществил сбор первичных данных по состоянию объектов среды обитания, выполнил инструментальные исследования уровней электромагнитных полей от базовых станций и персональных абонентских устройств сотовой связи, выкопировку данных по первичной заболеваемости населения злокачественными новообразованиями, сбор данных социологического исследования и статистический анализ материала. На основании полученных результатов исследования автор предложил рекомендации по снижению уровня риска здоровью населения изучаемой территории при сочетанном

воздействии канцерогенных химических факторов и электромагнитных полей радиочастотного диапазона для последующего внедрения в практику.

**Объем и структура работы.** Диссертационное исследование изложено на 214 листах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, главы «Объект, материалы и методы исследования», четырех глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, перспективы дальнейшей разработки темы, списка литературы, включающего 331 источник, в том числе 229 отечественных и 102 иностранных автора, 3 приложений. Научная работа иллюстрирована 24 таблицами и 59 рисунками.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В первой главе «Формирование канцерогенного риска для здоровья населения в условиях сочетанного действия факторов химической и физической природы (обзор литературы)»** представлен обзор отечественных и зарубежных литературных данных, отражающих актуальность и современные аспекты проблемы онкологической заболеваемости населения. Представлены результаты гигиенических исследований многосредовой ксенобиальной нагрузки и оценки риска здоровью населения. В аналитическом обзоре раскрыты современные представления о механизмах канцерогенеза при воздействии электромагнитных полей, приведены результаты клинических и эпидемиологических исследований электромагнитных излучений различного частотного диапазона как канцерогенного фактора среды обитания. Показана актуальность изучения сочетанного воздействия канцерогенных факторов различной природы и необходимость разработки новых научно-методических подходов к его оценке.

**Во второй главе «Объект, материалы и методы исследования»** представлены объект, предмет, объем и материалы (Таблица 1.), методология исследования.

Таблица 1 – Материалы и объем исследования

№ п/п	Задача исследования	Объект наблюдения и материалы исследования	Объем и период исследования
1	2	3	4
I.	Ретроспективный анализ заболеваемости ЗНО	<b>Первичная заболеваемость ЗНО:</b> Данные официальной статистической отчетности (учетно-отчетная форма №7, учетно-отчетная форма №35); данные территориального сегмента Государственного ракового регистра	более 90 тысяч единиц информации 2005-2018 гг.
II.	Гигиеническая оценка содержания химических веществ в объектах среды обитания	<b>Атмосферный воздух:</b> данные регионального информационного фонда СГМ, статистические данные Росстата, Росгидромета.	14 веществ, 28581 единица информации 2005-2015 гг.
		<b>Питьевая вода:</b> данные государственных докладов и РИФ СГМ	19 веществ, 7746 единиц информации 2005-2015 гг.
		<b>Почва:</b> данные РИФ СГМ	6 веществ, 3780 единиц информации 2005-2015 гг.

Продолжение Таблицы 1.

1	2	3	4
		<b>Пищевые продукты:</b> данные государственных докладов и РИФ СГМ, данные Федеральной службы государственной статистики по потреблению населением области основных пищевых продуктов	3 вещества, 1728 единиц информации 2005-2015 гг.
III.	Гигиеническая оценка электромагнитной нагрузки	<b>Уровни электромагнитных полей от базовых станций:</b> результаты собственных инструментальных измерений	1152 точки измерения 2018-2019 гг.
		<b>Уровни электромагнитных полей от абонентских терминалов:</b> результаты собственных инструментальных измерений	416 абонентских терминалов
		<b>Факторы, формирующие условия экспозиции ЭМП от персональных средств связи:</b> данные социального анкетирования	457 анкет
IV.	Гигиеническая оценка сочетанных канцерогенных рисков для здоровья	<b>Уровни сочетанных канцерогенных рисков</b> при многосредовой химической экспозиции и воздействии ЭМП от компонентов системы сотовой связи	более 5400 единиц информации
V.	Идентификация и параметризация зависимости заболеваемости ЗНО с уровнем сочетанного воздействия факторов	<b>Прогнозные модели</b> зависимости изучаемого параметра от ряда факторов (Построено 3 математических модели)	более 2500 единиц информации
	<b>Всего:</b>		Более 154 тысяч единиц информации

Объектом диссертационного исследования явились химические показатели качества среды обитания, уровни электромагнитных полей от систем сотовой связи (базовые станции и персональные абонентские устройства), показатели здоровья населения (базы данных по первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями населения крупного промышленного города), результаты социологического исследования по оценке условий экспозиции для пользователей сотовой связи.

Предметом исследования явились уровни канцерогенных рисков здоровью населения в условиях сочетанного воздействия факторов среды обитания, реализация риска в виде первичной заболеваемости населения злокачественными новообразованиями.

Методология детерминации связи формирования онкологической заболеваемости населения крупного промышленного города с сочетанным воздействием химических и физических факторов базировалась на применении комплекса методов (углубленный анализ с



применением гигиенических и эпидемиологических методов, социологические и статистические методы, в том числе определение причинно-следственных связей и закономерностей, моделирование уровней онкозаболеваемости при совместном воздействии факторов).

Проведен анализ данных лабораторного и инструментального контроля содержания химических канцерогенных веществ в объектах среды обитания (2005-2015 гг.) и уровней электромагнитных полей от базовых станций (более 100 базовых станций города) и персональных средств сотовой связи (416 телефонов), данных первичной заболеваемости ЗНО населения города Оренбурга за 2005-2018 годы, результатов социологического опроса населения (457 анкет) для оценки условий экспозиции при использовании персональных абонентских устройств сотовой связи.

Ретроспективный эпидемиологический анализ первичной заболеваемости населения злокачественными заболеваниями по данным территориального сегмента национального Ракового регистра проведен за 2005-2018 гг. в разрезе административных районов города Оренбурга. Для выявления территориальных различий по изучаемой нозологии были оценены уровень, многолетняя динамика, структура заболеваемости. С целью выявления закономерностей изменения уровня заболеваемости злокачественными новообразованиями применен метод аналитического выравнивания динамических рядов с установлением показателя аппроксимации ( $R^2$ ).

Для оценки канцерогенного риска при многосредовом и многомаршрутном поступлении химических веществ был проведен сравнительный гигиенический анализ содержания контролируемых канцерогенных веществ в объектах среды обитания в районах города в соответствие с СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". Анализ загрязнения атмосферного воздуха проведен по многолетним мониторинговым данным стационарных и маршрутных постов (ГОСТ 17.2.3.01-86 и РД 52.04.186-89) по 14 канцерогенным веществам, питьевой воды – по 19. Анализ степени загрязнения почвы произведен по содержанию подвижных и валовых форм тяжелых металлов, бенз[а]пирена в соответствии с МУ 4266-87, МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества пищевых продуктов проведена в соответствии ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции: технический регламент Таможенного союза», СанПиН 2.3.2.1078-01, МУ 2.3.7.2519-09, МУ 2.3.7.2125-06 по 3 канцерогенным загрязнителям.

Оценка риска здоровью населения выполнена в соответствии с руководством Р.2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Для оценки канцерогенных рисков рассчитаны показатели: индивидуальный риск ( $CR_a$  (при поступлении веществ с атмосферным воздухом),  $CR_w$  (питьевая вода),  $CR_s$  (почва),  $CR_f$  (продукты питания), суммарный канцерогенный риск при поступлении химических веществ ( $sumTCR$ ) и популяционный риск ( $PCR$ ).

Проведена сравнительная гигиеническая оценка электромагнитной нагрузки радиочастотного диапазона (300 МГц-300 ГГц) на территории четырех административных районов города. Нормативными документами, на основе которых проводилось исследование, являются СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03, СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03, СанПиН 1.2.3685-21, СанПиН 2.1.3684-21. Выполнены инструментальные измерения уровней ЭМП от 115 базовых станций с помощью широкополосного измерителя ПЗ-33 (свидетельство о поверке от 06.03.2018г.) в соответствии с МУК 4.3.1677-03.

Измерение уровней ЭМП от 416 мобильных радиотелефонов с определением индивидуальной электромагнитной нагрузки проведено в соответствии с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03, МУК 4.3.2501-09 «Измерение электромагнитных полей персональных подвижных систем сотовой связи», МР 4.3.001-02 «Гигиеническая оценка коллективной и индивидуальной электромагнитной нагрузки, создаваемой мобильными средствами связи».

Оценка приведенного индекса риска здоровью населения при воздействии ЭМП ( $CR_{\checkmark}$ ) произведена согласно МР 2.1.10.0061-12 «Оценка риска для здоровья населения при воздействии переменных электромагнитных полей (до 300 ГГц) в условиях населенных мест». Суммарный

дополнительный канцерогенный риск  $\text{sumCRemf}$  (риск формирования глиом и менингиом) рассчитывался как сумма показателей риска при воздействии ЭМП от базовых станций ( $\text{CRemfbs}$ , при условиях круглосуточной экспозиции) и персональных средств сотовой связи ( $\text{CRemfmr}$ , при условиях экспозиции - 1,7 часа в сутки) (1):

$$\text{sumCRemf} = \text{CRemfbs} + \text{CRemfmr}, \quad (1)$$

Сочетанный канцерогенный риск (Combined carcinogenic Risk, CombCR) определялся как сумма значений  $\text{sumTCR}$  (суммарный канцерогенный риск при многосредовом поступлении химических канцерогенов) и  $\text{sumCRemf}$  (суммарный канцерогенный риск (риск формирования глиом и менингиом) при воздействии ЭМП по формуле 2:

$$\text{CombCR} = \text{sumTCR} + \text{sumCRemf} \quad (2)$$

Статистическую обработку результатов выполняли с использованием программ «Statistica 10.0» и MS Office. Для установления причинно-следственных связей и оценки вклада изучаемых факторов среды обитания в формирование первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями населения применен анализ установления корреляционных связей с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Для прогнозирования изменения показателей изучаемой заболеваемости населения при сочетанном действии факторов среды обитания применен линейный регрессионный анализ.

**В третьей главе «Эпидемиологический анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями населения промышленного города»** проведен эпидемиологический анализ впервые выявленной онкологической заболеваемости населения промышленного города с целью выявления закономерностей и тенденций данной патологии на исследуемой территории и последующей оценки степени реализации сочетанного канцерогенного риска в системе «доза-ответ» с учетом внутритерриториальных различий качества среды обитания.

Показатели первичной онкозаболеваемости по области превышают таковые по Приволжскому ФО и РФ (на 10 и 11% соответственно). В среднем регистрируется ежегодный прирост первичной онкозаболеваемости до 2,9%. С 2005 г. по 2018 г. уровень заболеваемости вырос на 30% (с 349,5 в 2005 до 496,8 на 100 тысяч населения в 2018 году).

Аналитическое выравнивание динамических рядов показателей изучаемой патологии населения областного центра установило тенденцию к увеличению уровня заболеваемости ( $Y=408,96+6,3x$ ;  $R^2=0,48$ ). Анализ динамики впервые выявленной заболеваемости злокачественными новообразованиями показал увеличение за десятилетний период на 14,8% (абсолютный прирост показателей первичной онкозаболеваемости составил 76 на 100 тысяч населения) при среднегодовом темпе прироста 1,8%. За изучаемый период среднемноголетний показатель онкозаболеваемости среди женщин составил 458,3 на 100 тысяч женского населения (95% ДИ 434,5-482,4; прирост составил 23,1%), среди мужчин – 433,4 на 100 тысяч мужского населения (95% ДИ 413,3-453,6; прирост – 10,9%).

Распределение административных районов по показателю среднегодового уровня изучаемой заболеваемости установило, что наиболее высокие показатели показывает Ленинский район города ( $503,4 \pm 11,3$ ), на 2-м месте – Дзержинский район ( $449,7 \pm 14,4$ ), на 3-м – Промышленный ( $413,9 \pm 12,4$ ), на 4-м – Центральный ( $371,8 \pm 11,8$ ). Показатели заболеваемости в Ленинском и Дзержинском районах превышают таковые в Центральном районе в 1,4 и 1,2 раза соответственно ( $p \leq 0,05$ ) (Рисунок 1.). Заболеваемость в Промышленном районе достоверно выше, чем в Центральном районе ( $p < 0,01$ ). Определение аналитической зависимости при анализе заболеваемости ЗНО установило тенденцию к росту показателей с высоким коэффициентом детерминации (Ленинский -  $Y=453,02+8,96x$ ,  $R^2=0,86$ ; Дзержинский -  $Y=374,63+12,52x$ ,  $R^2=0,76$ ; Центральный -  $Y=315,53+9,38x$ ,  $R^2=0,63$ ; Промышленный -  $Y=365,72+8,03x$ ,  $R^2=0,41$ ).

Проведен внутритерриториальный анализ структуры заболеваемости по основным системам органов. Установлены достоверные ( $p \leq 0,05$ ) более высокие показатели заболеваемости в Ленинском районе по следующим локализациям – трахея, бронхи, легкое; молочная железа; кожа; полость рта; предстательная железа; лимфатическая и кроветворная ткань; прямая кишка; соединительная и другие мягкие ткани.

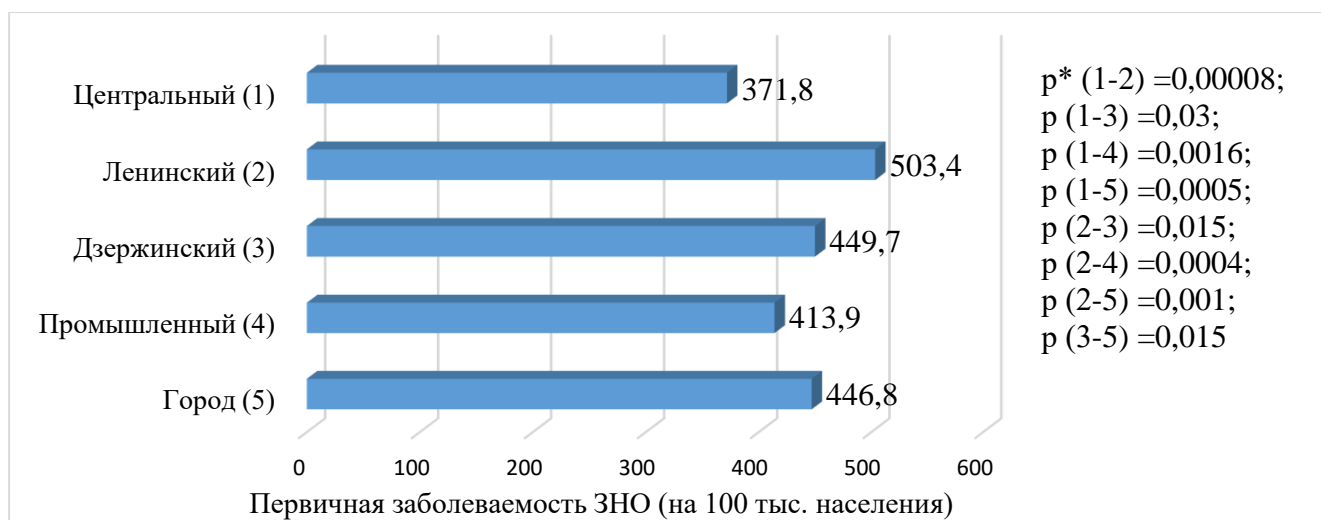


Рисунок 1 – Среднегодовой уровень первичной онкозаболеваемости за 2005-2018 гг. по районам города (Примечание: \* - представлены только статистически значимые различия между изучаемыми территориями,  $p \leq 0,05$ )

В Дзержинском районе по сравнению с показателями в Центральном районе выше заболеваемость ЗНО молочной железы, прямой кишки, кожи (без меланомы), лимфатической и кроветворной ткани, соединительной и других мягких тканей, по сравнению с Промышленным районом по локализациям – мочевого пузыря, молочная железа, кожа (без меланомы) ( $p \leq 0,05$ ). В Промышленном районе достоверно чаще диагностируется ЗНО полости рта по сравнению с показателем в Центральном районе.

Таким образом, динамический анализ статистических данных установил высокие уровни и неравномерность распределения случаев злокачественных новообразований на исследуемых территориях с сохраняющейся тенденцией к росту показателей, стабильно превышающих значения по Приволжскому Федеральному округу и России.

Установленные территориальные различия уровня и структуры заболеваемости определяют необходимость дальнейших исследований по углубленной гигиенической оценке многосредового воздействия химических канцерогенов и электромагнитных полей радиочастотного диапазона.

В главе 4 «Комплексная гигиеническая оценка химической канцерогенной опасности объектов среды обитания» приведены результаты сравнительного территориального анализа риска здоровью, формирующегося при многокомпонентном воздействии среды обитания, на основе многолетних данных химического канцерогенного мониторинга.

По результатам исследования качества воздушной среды установлено, что по показателям превышения гигиенических нормативов, класса опасности вещества и фактора канцерогенного потенциала наиболее приоритетными канцерогенными загрязнителями явились мышьяк ( $1,36 \pm 0,15$  ПДК), бенз[а]пирен ( $1,89 \pm 0,53$  ПДК), формальдегид ( $0,67 \pm 0,1$  ПДК, с учетом ранее действующих нормативов -  $1,8 \pm 0,5$  ПДК (2014 г.)). При сравнительной внутритерриториальной оценке установлено, что среднегодовые концентрации формальдегида и бенз[а]пирена достоверно выше в Промышленном и Центральном районах города, хрома (VI) – в Дзержинском и Промышленном ( $p \leq 0,05$ ).

Многолетний анализ качества питьевой воды установил, что соединения бериллия (вклад от 13 до 49 % для различных территорий города) и кадмия (до 24 %), а также образующиеся в процессе водоподготовки органические соединения, в том числе тетрахлорэтилен (до 8%), бромдихлорметан (до 10%), тетрахлорметан (до 14%), дибромхлорметан (до 17%) вносят основной вклад в структуру загрязнения воды. Наиболее неблагоприятная ситуация по превышению ПДК тригалогенметанов отмечена в Ленинском районе, содержание бериллия и кадмия в питьевой воде в Дзержинском и Центральном районе достоверно ниже по сравнению с другими административными территориями ( $p \leq 0,05$ ).

Установлено, что среднегодовые значения концентраций канцерогенных химических загрязнителей почвы не превышают установленные гигиенические нормативы. Статистически достоверные ( $p \leq 0,05$ ) более высокие концентрации бенз[а]пирена обнаружены в Промышленном районе города.

Анализ среднегодовых концентраций веществ в пищевых продуктах показал, что наибольший удельный вес нестандартных проб отмечен в следующих группах: рыба и рыбные продукты (в том числе импортные) до 4,9%, консервы – до 4,2%, масложировые продукты – до 2,9%. Приоритетным загрязнителем, определяющим основной вклад (73%) в структуру CRf, является мышьяк.

Результаты оценки канцерогенных рисков при многосредовой экспозиции химических канцерогенов по районам города представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Показатели индивидуальных и популяционных канцерогенных рисков при многосредовой многомаршрутной экспозиции химических веществ

Изучаемая территория	Величины канцерогенных рисков при многосредовом поступлении веществ (вклад в %)						
	CRa (Воздух)	CRw (Питьевая вода)	CRs (Почва)	CRf (Пищевые продукты)	sumTCR (Суммарный риск)	Р а н г	PCR
Центральный	2,07E-03 (87)*	2,43E-04 (10)	2,30E-08 (0,001)	6,54E-05 (2,75)	2,38E-03	4	234
Ленинский	2,17E-03 (88)	2,23E-04 (9)	2,84E-08 (0,0012)	6,54E-05 (2,67)	2,45E-03	3	445
Дзержинский	3,36E-03 (95)	1,19E-04 (3)	3,01E-08 (0,0008)	6,54E-05 (1,85)	3,54E-03	1	562
Промышленный	3,07E-03 (92)	1,90E-04 (6)	2,45E-08 (0,0007)	6,54E-05 (1,97)	3,33E-03	2	393
Город	2,67E-03 (91)	1,94E-04 (7)	2,65E-08 (0,0009)	6,54E-05 (2,24)	2,93E-03		1628

Примечание: \* - в скобках приведен вклад изучаемых объектов среды обитания в структуру суммарного канцерогенного риска в %.

Отмечено, что на территориях Дзержинского (sumTCR 3,54E-03) и Промышленного (sumTCR 3,33E-03) районов отмечается наибольший показатель индивидуального многосредового риска, что выше относительно sumTRC по городу в 1,21 и 1,14 раза соответственно.

При сравнительной оценке структуры суммарного канцерогенного риска установлено, что наибольший долевого вклад атмосферный воздух формирует в Дзержинском районе города. Стоит отметить, что величина вклада питьевой воды в структуре риска sumTRC наибольшая в Центральном районе и более чем в 3 раза превышает данный показатель в Дзержинском районе. Величина вклада загрязнителей почвы и пищевых продуктов во всех районах города отличается несущественно.

Преимущественный вклад в показатель суммарного индивидуального канцерогенного риска в атмосферном воздухе вносят бензол, мышьяк, формальдегид, шестивалентный хром; в питьевой воде – хром (VI), дибромхлорметан, мышьяк, бериллий; в почве - хром (VI), свинец, кадмий; в продуктах питания – мышьяк, кадмий.

Математический анализ причинно-следственных связей в системе «канцерогенные химические факторы среды обитания – первичная онкологическая заболеваемость» (Рисунок 2) установил, что приоритетными средами, ксенобиальная нагрузка которых определяет формирование заболеваемости ЗНО в Центральном районе, являются атмосферный воздух (4 из 8 обнаруженных статистически достоверных положительных связей по всем средам), в Ленинском районе – питьевая вода (6 из 12), в Дзержинском – атмосферный воздух (3 из 10) и

питьевая вода (3 из 10), в Промышленном – атмосферный воздух (5 из 12) и питьевая вода (4 из 12).

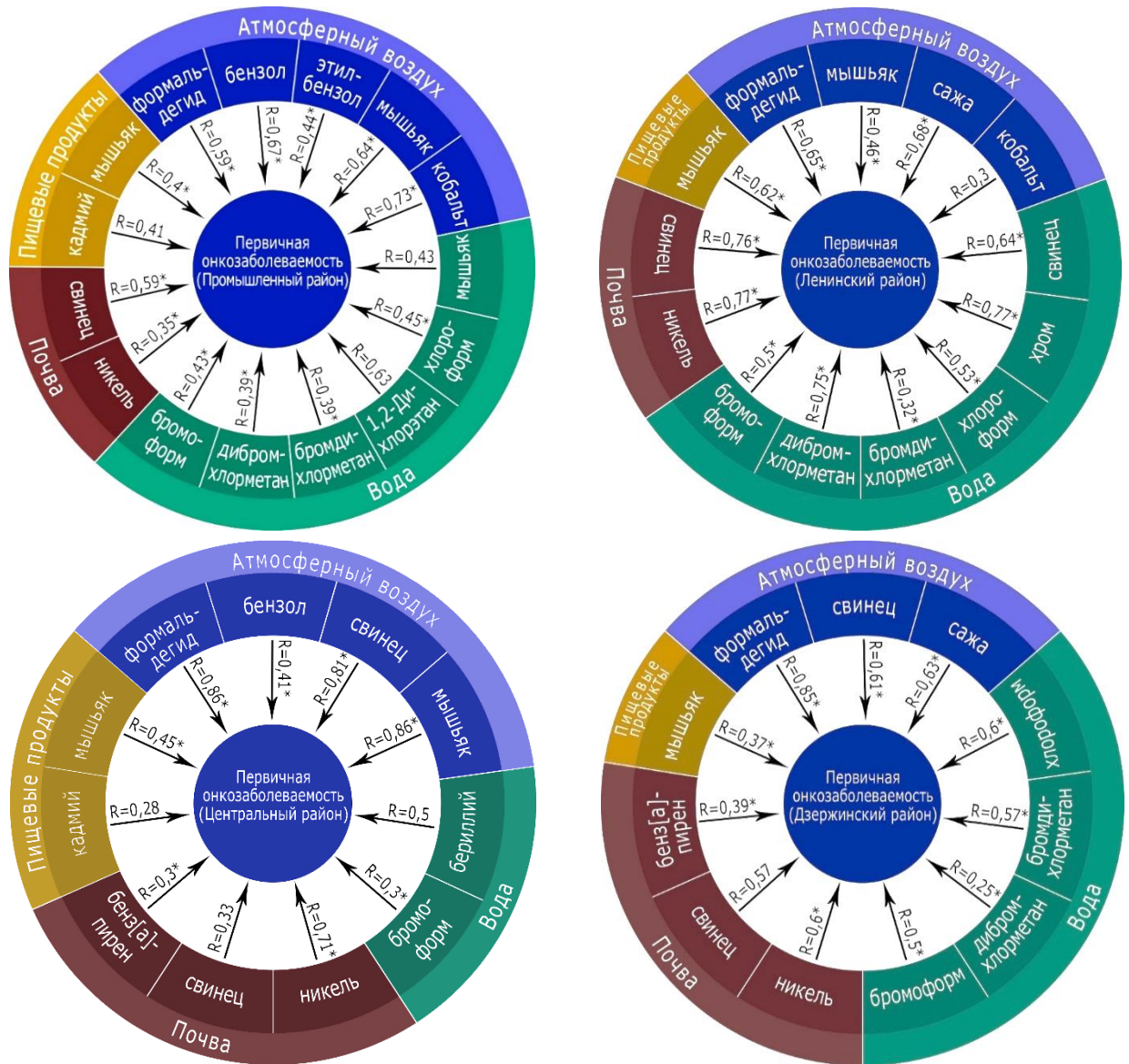


Рисунок 2 – Корреляционные модели влияния химических канцерогенных веществ на уровень первичной онкологической заболеваемости в административных районах города (\*-  $p < 0,05$ )

Установлена высокая статистически значимая ( $R > 0,7$ ;  $p \leq 0,05$ ) положительная связь между первичной заболеваемостью ЗНО населения Центрального района и содержанием таких загрязнителей в атмосферном воздухе как формальдегид, свинец и мышьяк, в почве – никель; средней силы ( $0,3 < R < 0,7$ ;  $p \leq 0,05$ ) – бензол (воздух), бромформ (вода), бенз[а]пирен (почва), мышьяк (продукты). Для Ленинского района установлена высокая статистически значимая связь с содержанием в питьевой воде хрома, дибромхлорметана, в почве – никеля и свинца; средней силы ( $p \leq 0,05$ ) – формальдегид, мышьяк, сажа (воздух), хлороформ, бромдихлорметан, бромформ (вода), мышьяк (продукты). В Дзержинском районе установлена высокая связь ( $p \leq 0,05$ ) с содержанием в атмосферном воздухе формальдегида; средней силы ( $p \leq 0,05$ ) – свинец и сажа (воздух), хлороформ, бромдихлорметан, бромформ (вода), никель и бенз[а]пирен (почва), мышьяк (продукты). Для Промышленного района города установлена высокая статистически значимая связь с содержанием в атмосферном воздухе кобальта; средней силы ( $p \leq 0,05$ ) – формальдегид, бензол, мышьяк, этилбензол (воздух), хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан, бромформ (вода), никель и свинец (почва), мышьяк (продукты).

Таким образом, результаты оценки влияния многокомпонентного химического загрязнения среды обитания на развитие злокачественных новообразований свидетельствуют о формировании высокого уровня риска, который является не приемлемым для населения и профессиональных групп. Дзержинский и Промышленный районы показали наибольшие уровни формируемого риска (sumTRC составил  $3,54E-03$  и  $3,33E-03$  соответственно). Величина риска формируется главным образом загрязнением атмосферного воздуха (вклад – от 87% и выше) и в меньшей степени – почвы (вклад – до 0,0012%), определяя приоритетность задач по разработке и внедрению профилактических мероприятий.

По результатам статистического моделирования идентифицированы достоверные причинно-следственные связи высокой силы ( $R>0,7$ ;  $p\leq 0,05$ ) между уровнем заболеваемости злокачественными новообразованиями в районах города и содержанием в атмосферном воздухе таких веществ как формальдегид, бензол, свинец, мышьяк, кобальт; в питьевой воде – бромдихлорметан, хром; в почве – никель, свинец.

Неопределенности при оценке риска связаны, главным образом, с неполной информацией о воздействующих веществах, их перечне и среднесуточных концентрациях в объектах среды обитания. Так, при оценке загрязнения воздуха учитывались максимально разовые и среднесуточные концентрации, что может влиять на расчетные значения риска для здоровья. В работе учитывались только вещества, контролируемые областными контрольно-надзорными органами.

**В пятой главе «Гигиеническая оценка канцерогенного риска при воздействии электромагнитных полей радиочастотного диапазона»** представлена сравнительная оценка электромагнитной нагрузки по районам города от базовых станций и персональных абонентских устройств сотовой связи. Ранжирование территорий города по показателю электромагнитной нагрузки установило, что наибольшая плотность БС на единицу площади приходится на Ленинский и Промышленный районы и составляет 1,6 и 3,4 БС на  $1 \text{ км}^2$  соответственно.

Уровни электромагнитных полей на участках территорий, непосредственно прилегающих к зданию (мачте) с приемо-передающим оборудованием ПРТО (до 100 м от базовой станции), составили от 0,2 до 7  $\text{мкВт/см}^2$ . Необходимо отметить, что на данных участках инструментального контроля в Ленинском районе города зарегистрированы статистически достоверно ( $p\leq 0,05$ ) более высокие уровни ЭМП. На придомовой территории показатели ЭМП составили не более 2,7  $\text{мкВт/см}^2$ .

Результаты исследования ЭМП в жилых зданиях демонстрируют наибольшие величины показателей на 3-5 и 6-9 этажах (Таблица 3).

Таблица 3 – Уровни электромагнитных полей радиочастотного диапазона (300 МГц-300 ГГц) от базовых станций в жилых зданиях (средние и максимальные значения плотности потока энергии,  $M\pm m$ )

Измеряемые параметры ( $\text{мкВт/см}^2$ )	1-2 этаж (1)	3-5 этаж (2)	6-9 этаж (3)	10-15 этаж (4)	Достоверность различий (p) *
ППЭср.	$0,25\pm 0,06$	$0,39\pm 0,14$	$0,73\pm 0,15$	$0,26\pm 0,12$	$p(1-2)=0,002$ ; $p(1-3)=3,02\times 10^{-8}$ ; $p(2-3)=0,008$ ; $p(3-4)=0,017$ .
ППЭмакс.	$0,43\pm 0,12$	$0,58\pm 0,22$	$1,25\pm 0,21$	$0,51\pm 0,19$	$p(1-2)=0,0004$ ; $p(1-3)=2,12\times 10^{-9}$ ; $p(2-3)=0,005$ ; $p(3-4)=0,026$ .

Примечание:\* - представлены только статистически значимые различия между изучаемыми территориями.

Установлено, что наибольшие уровни электромагнитных излучений регистрируются на высоте 6-9 этажей жилых зданий, наименьшие – на уровне 1-2 этажей. Установлены

статистически достоверные различия между уровнями ЭМП на 3-9 этажах жилых зданий и 1-2/10-15 этажах в среднем по городу и во всех административных районах ( $p \leq 0,05$ ). Статистически достоверных различий величин плотности потока энергии между 1-2 и 10-15 этажами установлено не было.

При сравнительном анализе результатов измерений изучаемых показателей по районам города было установлено, что в Ленинском районе города статистически достоверно более высокие уровни электромагнитного излучения на 1-2, 3-5 и 6-9 этажах жилых зданий по сравнению со средними значениями по городу. Статистически достоверные более низкие уровни ЭМП ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению со средними значениями по городу на 3-5 этажах зданий установлены в Центральном районе.

На основании данных анкетирования и инструментальных измерений интенсивности электромагнитного излучения от сотовых телефонов проведен расчет средней (ИН<sub>ср</sub>) и максимальной индивидуальной нагрузки (ИН<sub>макс</sub>). Значения ИН<sub>ср</sub> варьировали в зависимости от модели телефона от 1,4 до 3,46 мкВт/см<sup>2</sup>×час. Рассчитанная ИН<sub>макс</sub> составила от 2,1 до 5,19 мкВт/см<sup>2</sup>×час. Таким образом, у 58% респондентов–абонентов сотовой связи, использующих телефоны более 1 часа в сутки, электромагнитная нагрузка превышает референтную дозу (2,4 мкВт/см<sup>2</sup>×час).

Результаты исследования показали, что дополнительный канцерогенный риск здоровью населения при экспозиции ЭМП от БС в среднем по городу составляет CRemfbs 1,997E-04, от персональных абонентских устройств – CRemfmr 6,89E-06. Наиболее высокий уровень CRemfbs установлен в Ленинском и Дзержинском районах и составляет 2,27E-04, что в 1,14 раза выше среднегородского показателя и почти в 2 раза выше показателя в Промышленном районе (1,17E-04).

Результаты гигиенической оценки суммарных канцерогенных рисков при воздействии переменных электромагнитных полей от двух приоритетных источников (базовых станций и персональных мобильных радиотелефонов) представлены в Таблице 4.

Таблица 4 – Формируемые уровни суммарного канцерогенного риска при воздействии электромагнитных полей в административных районах города (sumCRemf)

Территория	Дополнительный риск	Ранг	Популяционный риск
Центральный	1,52E-04	2	15
Ленинский	2,34E-04	1	42
Дзержинский	2,34E-04	1	37
Промышленный	1,24E-04	3	15
Город	2,07E-04		115

Суммарный канцерогенный риск при воздействии ЭМП в среднем по городу составляет 2,07E-04 с наиболее высокими показателями на территориях Ленинского и Дзержинского районов sumCRemf 2,34E-04 ( $p \leq 0,05$ ). Величина канцерогенного риска на данных территориях превышает аналогичный показатель в Центральном и Промышленном районах в 1,5 и 1,9 раза соответственно.

Рассчитанные уровни приведенного риска развития глиомы и менингиомы во всех районах города согласно рекомендациям по управлению риском, представленных в МР 2.1.10.0061-12 (Г.Г.Онищенко, А.С.Гуськов, С.М.Черненко, Н.В.Зайцева со авт.), оцениваются как низкие (Рисунок 3).

Необходимо отметить, что в структуре суммарного канцерогенного риска при воздействии ЭМП, основной вклад вносят электромагнитные излучения от базовых станций (от 95 до 97% для разных районов города). Данный факт свидетельствует о высокой гигиенической значимости данных объектов по отношению к риску развития негативных эффектов для здоровья населения.

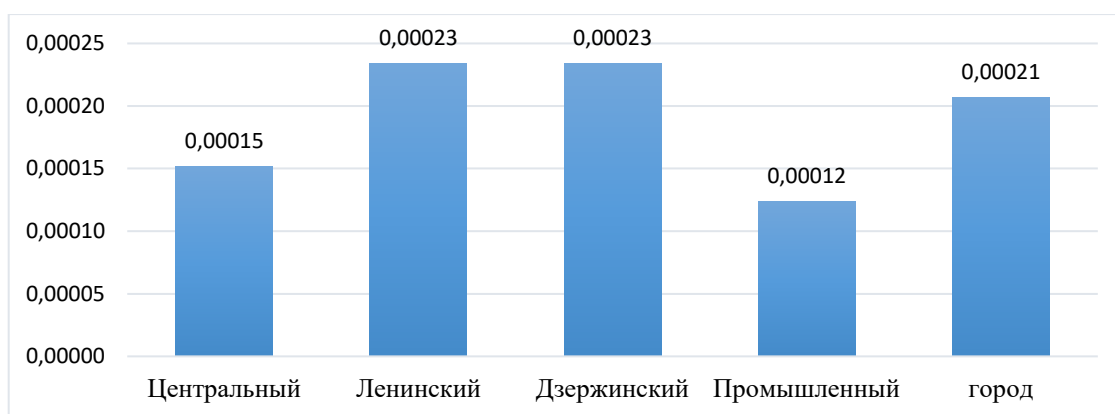


Рисунок 3 – Уровни приведенного индекса канцерогенного риска при воздействии электромагнитных полей радиочастотного диапазона (от базовых станций и персональных абонентских терминалов сотовой связи)

Проведенный математический анализ показал статистически значимую связь между уровнем онкологической заболеваемости населения и показателями электромагнитной нагрузки на население (удельная плотность базовых станций, среднее время ведения радиопереговоров, число абонентских устройств на 1000 человек). Установлены статистически достоверные ( $p \leq 0,05$ ) высокой силы связи ( $R > 0,7$ ) между изучаемыми показателями во всех административных районах города, кроме Промышленного (Рисунок 4).

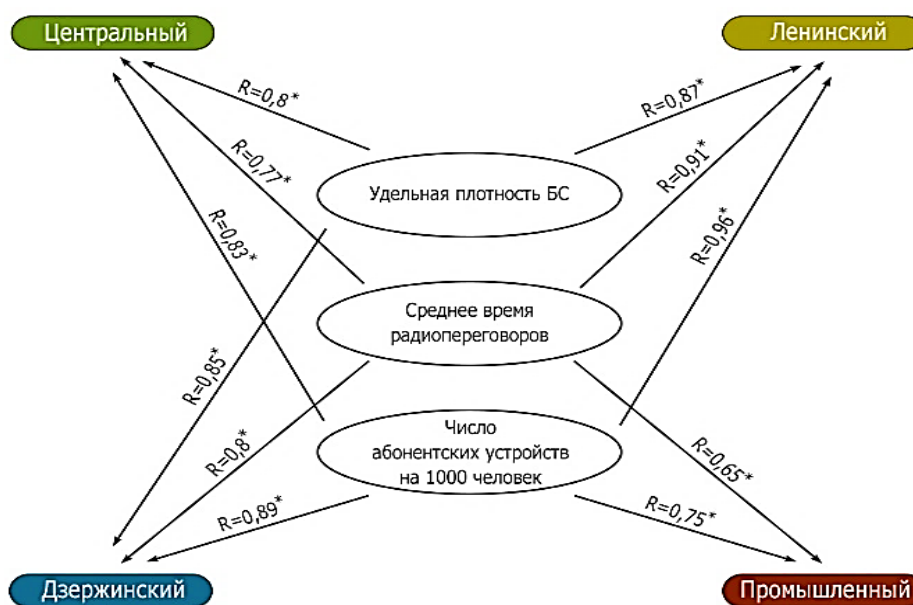


Рисунок 4 – Корреляционные модели влияния показателей электромагнитной нагрузки на уровень первичной онкологической заболеваемости в административных районах города (\*-  $p \leq 0,05$ )

Анализ уровней ЭМП радиочастотного диапазона в жилых зданиях свидетельствует о том, что наибольшая электромагнитная нагрузка формируется на этажах, расположенных на уровне направления главного излучения (или приема) антенн. Инструментальный контроль установил, что в Ленинском районе города наблюдается наиболее неблагоприятный электромагнитный фон с достоверно более высокими уровнями, чем в среднем по городу ( $p \leq 0,05$ ). Территория данного



района характеризуется высокой плотностью застройки, что создает условия для наложения электромагнитных полей между зданиями.

Наибольшие уровни канцерогенного риска установлены в Ленинском и Дзержинском районе. Стоит отметить, что по результатам проведенного эпидемиологического анализа Ленинский район города занимает первое ранговое место по уровню первичной заболеваемости ЗНО головной мозга и других отделов центральной нервной системы.

По результатам статистического моделирования идентифицированы приоритетные показатели электромагнитной нагрузки на население: удельная плотность базовых станций, среднее время ведения радиопереговоров, число абонентских устройств на 1000 человек ( $R > 0,7$ ;  $p < 0,05$ ).

При расчете формируемых уровней риска необходимо учесть неопределенности на каждом этапе оценки риска. На этапе идентификации опасности неопределенности связаны с неполными данными о количестве и мощности источников электромагнитных излучений радиочастотного диапазона, на этапе оценки зависимости «экспозиция-ответ» – с отсутствием достаточного количества эпидемиологических и клинических исследований воздействия малых «нетепловых» доз ЭМИ техногенного происхождения на здоровье населения, достоверных данных о механизме канцерогенного действия; на этапе оценке экспозиции – с недостаточными данными о длительности воздействия электромагнитных полей на экспонируемое население.

**В шестой главе «Особенности формирования сочетанного канцерогенного риска здоровью населения на селитебных территориях промышленного города»** в соответствии с предложенным методическим подходом проведен расчет сочетанного канцерогенного риска при воздействии химического фактора и ЭМП радиочастотного диапазона.

Сочетанный канцерогенный риск здоровью населения оценивается как однонаправленное действие химических и физических факторов онкогенной природы. Проведен расчет сочетанных рисков формирования заболеваемости населения злокачественными новообразованиями для административных районов города (Рисунок 5).

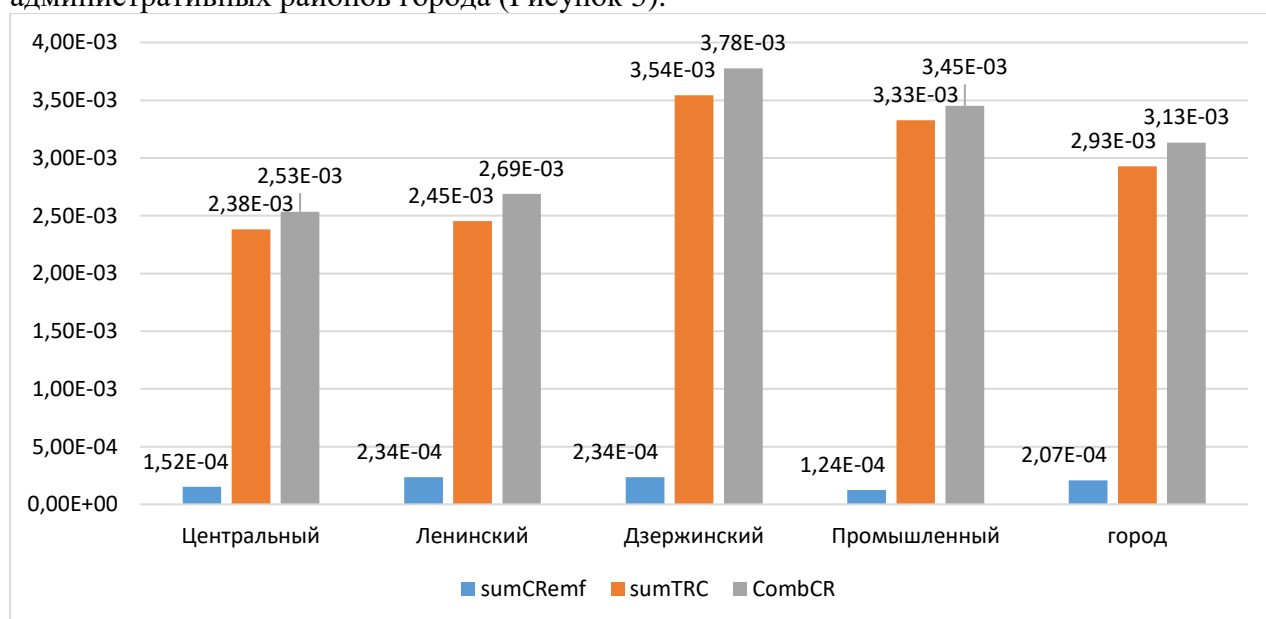


Рисунок 5 – сравнительная характеристика уровней сочетанного канцерогенного риска (CombCR), канцерогенного риска при воздействии химического фактора (sumTRC) и ЭМП РЧ (sumCRemf) в административных районах города

Сочетанный канцерогенный риск, формируемый химическими факторами и электромагнитными полями радиочастотного диапазона, в среднем по городу составляет CombCR  $3,13E-03$ , и оценивается как неприемлемый. Высокий уровень риска CombCR демонстрирует Дзержинский район ( $3,78E-03$ ), на втором месте – Промышленный ( $3,45E-03$ ), на третьем – Ленинский ( $2,69E-03$ ), на четвертом – Центральный ( $2,53E-03$ ) районы. При этом

уровень риска в Дзержинском районе превышает аналогичный показатель в Центральном районе в 1,5 раза.

Расчитанные уровни популяционного риска в районах города представлены в Таблице 5, из которой видно, что при сочетанном воздействии внешнесредовых факторов формируется риск здоровью населения, реализуемый в виде 1743 дополнительных случаев заболеваний ЗНО у населения в целом по городу.

Таблица 5 – Популяционный канцерогенный риск здоровью населения при воздействии химического фактора и электромагнитных полей радиочастотного диапазона

Факторы риска Территория	PCR (Химический)	PCR (ЭМП)	PCR (Сочетанный)
Центральный	234	15	249
Ленинский	445	42	487
Дзержинский	562	37	599
Промышленный	393	15	408
Город	1628	115	1743

Сравнительный анализ величины вклада отдельных факторов в формирование онкологической заболеваемости населения в административных районах города (Рисунок 6) установил, что канцерогенный риск от загрязнителей атмосферного воздуха в общей структуре суммарного риска имеет наибольшую величину вклада в Промышленном районе города (89,02%).

В Центральном районе города величина вклада канцерогенного риска от загрязнителей питьевой воды превышает аналогичный показатель в Дзержинском районе города в 3 раза, в Промышленном – в 1,7 раза.

Канцерогенный риск при воздействии ЭМП в Ленинском и Дзержинском районах занимает второе ранговое место в общей структуре сочетанного риска, в Центральном и Промышленном – третье место. При этом наибольший вклад данного фактора отмечен в Ленинском районе города (8,71%), который превышает аналогичный показатель в Дзержинском и Центральном районе в 1,5 раза, в Промышленном – в 2,4 раза.

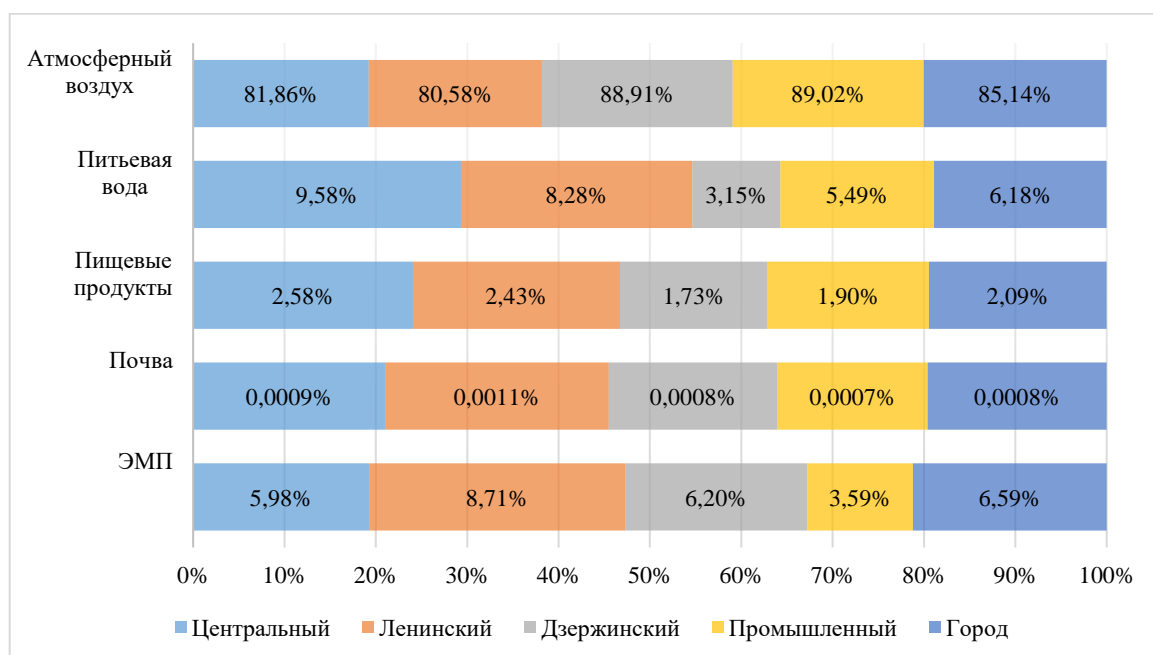


Рисунок 6 – Сравнительная характеристика вклада факторов среды обитания в формирование канцерогенного риска в административных районах города

Результаты математического анализа, полученные в предыдущих главах исследования, позволили научно обосновать модели прогнозирования заболеваемости ЗНО при изолированном действии химического и физического факторов и при их сочетанном воздействии.

Уравнение множественной регрессии, описывающее прогноз изучаемой заболеваемости при воздействии химического фактора, имеет следующий вид:

$$Y = 588,9 - 15040,6 \cdot X_1 - 3340 \cdot X_2 - 2328,8 \cdot X_3 + 68,1 \cdot X_4 + 892,8 \cdot X_5 + 231,5 \cdot X_6, (R^2=0,83; p < 0,0001),$$

где  $Y$  – первичная онкозаболеваемость;  $X_1$  – формальдегид (атмосферный воздух);  $X_2$  – мышьяк (продукты питания);  $X_3$  – бенз[а]пирен (почва);  $X_4$  – сажа (атмосферный воздух);  $X_5$  – бромдихлорметан (питьевая вода);  $X_6$  – свинец (атмосферный воздух).

Уравнение множественной регрессии, описывающее прогноз онкологической заболеваемости при воздействии факторов электромагнитной нагрузки, имеет следующий вид:

$$Y = 489,05 - 30,3 \cdot X_1 + 19,03 \cdot X_2, (R^2=0,27; p < 0,0001),$$

где  $Y$  – первичная онкозаболеваемость;  $X_1$  – средняя индивидуальная ЭН;  $X_2$  – удельная плотность базовых станций.

На основе данных исследования была получена модель прогноза первичной онкозаболеваемости населения г. Оренбург, которая имеет следующий вид:

$$Y = 280,3 - 11286,6 \cdot X_1 + 461,4 \cdot X_2 + 190,5 \cdot X_3 + 13083,4 \cdot X_4 - 892,8 \cdot X_5 - 15215,9 \cdot X_6 - 2128,9 \cdot X_7 - 7,7 \cdot X_8 + 231,5 \cdot X_9, (R^2=0,96; p < 0,0001),$$

где  $Y$  – первичная онкозаболеваемость,  $X_1$  – формальдегид (атмосферный воздух),  $X_2$  – время ведения радиопереговоров,  $X_3$  – удельная плотность базовых станций,  $X_4$  – бромдихлорметан (питьевая вода),  $X_5$  – сажа (атмосферный воздух),  $X_6$  – мышьяк (продукты питания),  $X_7$  – бенз[а]пирен (почва),  $X_8$  – свинец (почва, подвижная форма),  $X_9$  – свинец (атмосферный воздух).

Полученное уравнение множественной регрессии объясняет 96% всей дисперсии признака «первичная заболеваемость злокачественными новообразованиями». Таким образом, коэффициент детерминации модели прогноза заболеваемости при сочетанном действии факторов наибольший (0,96) по сравнению с аналогичным показателем в моделях с изолированным действием факторов (при учете только химического фактора – 0,83, физического фактора – 0,27), что свидетельствует о высокой достоверности установленных зависимостей.

Математическое моделирование уровня заболеваемости злокачественными новообразованиями крупного промышленного города позволило выделить детерминированные факторы, среди которых показатели загрязнения атмосферного воздуха (формальдегид, сажа), питьевой воды (бромдихлорметан), продуктов питания (мышьяк), почвы (бенз[а]пирен), а также показатели электромагнитной нагрузки (время ведения радиопереговоров и удельная плотность базовых станций сотовой связи).

Таким образом, полученные уровни связей и закономерности формирования заболеваемости позволяют сделать вывод о приоритетности учета комплекса факторов, детерминирующих негативные последствия для здоровья населения, а их количественная оценка и направление позволяет научно обосновать комплекс медико-профилактических мероприятий.

## ВЫВОДЫ

1. Среднегодуальный показатель первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями по г. Оренбургу составляет 446,8 на 100 тысяч населения за 2005-2018 гг., что на 6% и 16% выше показателей по области и Российской Федерации соответственно. В многолетней динамике заболеваемости за 10-летний период установлена тенденция к росту показателей ( $T_{пр.} = 1,8 \%$ ;  $p < 0,05$ ) с достоверно наиболее высокими уровнями заболеваемости в Ленинском ( $503,4 \pm 11,3$ ) и Дзержинском ( $449,7 \pm 14,4$ ) районах ( $p < 0,05$ ).

2. Суммарный канцерогенный риск для здоровья населения при многосредовой экспозиции химических веществ в среднем по городу составляет  $\sum TCR 2,93E-03$ , и оценивается как неприемлемый с наибольшими показателями в Дзержинском ( $3,54E-03$ ) и Промышленном ( $3,33E-03$ ) районах. Приоритетными канцерогенными веществами в атмосферном воздухе

являются мышьяк, шестивалентный хром, бензол, формальдегид, в питьевой воде - мышьяк, хром (VI), бериллий, дибромхлорметан, в почве - хром (VI), свинец, кадмий, в продуктах питания – кадмий, мышьяк.

3. Суммарный дополнительный канцерогенный риск здоровью населения промышленного города, формируемый электромагнитными полями от базовых станций и персональных средств сотовой связи, составляет  $\text{sumCRemf } 2,07\text{E-}04$ . Канцерогенный риск от базовых станций  $\text{CRemfbs } 1,997\text{E-}04$  достоверно выше риска от персональных средств сотовой связи  $\text{CRemfmrt } 6,89\text{E-}06$  ( $p \leq 0,05$ ). По уровню  $\text{sumCRemf}$  первое ранговое место занимают Ленинский и Дзержинский районы ( $\text{sumCRemf } 2,34\text{E-}04$ ;  $p \leq 0,05$ ), где в структуре суммарного риска 97% приходится на электромагнитные излучения от базовых станций сотовой связи.

4. Суммарный приведенный индекс канцерогенного риска при воздействии электромагнитных полей радиочастотного диапазона (до 300ГГц) в среднем по городу составляет  $\text{CR } 0,00021$ , и характеризуется как низкий. Приоритетными показателями электромагнитной нагрузки на население являются удельная плотность базовых станций, среднее время ведения радиопереговоров, число абонентских устройств на 1000 человек ( $p \leq 0,05$ ).

5. Сочетанный канцерогенный риск, формируемый химическими факторами и электромагнитными полями радиочастотного диапазона, в среднем по городу составляет  $\text{CombCR } 3,13\text{E-}03$ , и оценивается как неприемлемый. По уровню  $\text{CombCR}$  первые ранговые места занимают Дзержинский ( $3,78\text{E-}03$ ) и Промышленный ( $3,45\text{E-}03$ ) районы. В структуре сочетанного канцерогенного риска по городу вклад от воздействия атмосферного воздуха составляет 85,14%, ЭМИ – 6,59%, питьевая вода – 6,18%, пищевые продукты – 2,09%, почва – 0,0008%.

6. Идентификация и параметризация зависимостей в системе «канцерогенные химические и физические факторы среды обитания – первичная онкологическая заболеваемость» позволили установить приоритетные факторы риска: показатели загрязнения атмосферного воздуха (формальдегид, сажа), питьевой воды (бромдихлорметан), продуктов питания (мышьяк), почвы (бенз[а]пирен) и показатели электромагнитного воздействия – время ведения радиопереговоров (от сотовых телефонов) и удельная плотность базовых станций сотовой связи.

7. Научно обоснована прогностическая модель первичной онкологической заболеваемости населения при сочетанном действии факторов риска химической и физической природы с коэффициентом детерминации  $R^2=0,96$  (в моделях с изолированным действием химического фактора  $R^2=0,83$ , физического фактора –  $R^2=0,27$ ), что свидетельствует о высокой достоверности установленных зависимостей и приоритетности учета сочетанного воздействия факторов среды обитания промышленного города для принятия управленческих решений.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Полученные результаты исследования позволили сформировать ряд практических рекомендаций:

### 1. Для органов и организаций Роспотребнадзора:

- в программе социально-гигиенического мониторинга увеличить объем исследований по приоритетным канцерогенным веществам объектов среды обитания;
- в программе социально-гигиенического мониторинга расширить объем инструментальных исследований уровней электромагнитных полей на территориях и точках риска по данному фактору;
- проводить оценку канцерогенного риска здоровью населения с учетом сочетанного действия комплекса факторов химической природы и электромагнитных полей радиочастотного диапазона;
- разработать информационно-просветительские письма и рекомендации для населения с целью минимизации риска для здоровья при воздействии электромагнитного излучения.

### 2. Для органов государственной власти и местного самоуправления:

- разработка региональных программ донозологической диагностики и первичной профилактики онкологической заболеваемости с учетом выявленных приоритетных локализаций злокачественных новообразований;

- с учетом возрастающей роли передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха совершенствование схемы автотранспортной сети городской среды, увеличение парка транспорта с электрическим приводом;

- включение в программу производственного контроля ведомственных лабораторий расширенного объема исследований на содержание галогенсодержащих веществ – приоритетных загрязнителей питьевой воды;

- увеличение площади зеленых насаждений вдоль тротуаров и улиц города.

### 3. Для научных организаций:

- проведение дополнительных экспериментальных и эпидемиологических исследований по сочетанному канцерогенному действию электромагнитных излучений различных частот и химических веществ на междисциплинарном уровне;

- включить в процесс подготовки специалистов медико-биологических специальностей изучение сочетанного действия факторов химической и электромагнитной природы на заболеваемость населения злокачественными новообразованиями.

### 4. Для населения:

рекомендовать минимизировать время пользования персональными сотовыми телефонами группам риска – дети, беременные, лица с заболеваниями органов нервной и эндокринной систем, системы крови и системы кровообращения; избегать ношения мобильного телефона на теле; использовать беспроводную гарнитуру при разговоре; исключить пользование персональными абонентскими устройствами в автотранспорте, лифтах, цокольных и подвальных этажах зданий; отключать Wi-Fi-источники, когда они не используются.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

С учетом возрастающей роли физических факторов среды обитания, приоритетности учета многофакторного воздействия в системе «среда-здоровье» дальнейшие перспективы медико-гигиенических исследований могут быть направлены на усиление доказательной базы канцерогенного воздействия электромагнитных излучений в экспериментальных и эпидемиологических исследованиях, разработку общепринятой методики оценки сочетанного риска при воздействии факторов различной природы, а также моделирование и прогнозирование неблагоприятных последствий для здоровья с применением современных общенаучных и гигиенических методов.

### СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

#### *В научных изданиях, цитируемых в базе данных Scopus*

1. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения, ассоциированного с загрязнением депонирующих сред тяжелыми металлами / В.М. Боев, Л.В. Зеленина, **Л.Х. Кудусова**, Е.А. Кряжева, Д.О. Зеленин // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 1. – С.17-24.

#### *В научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России*

2. Гигиеническая оценка канцерогенной опасности питьевой воды крупного промышленного города / Л.А. Бархатова, И.Л. Карпенко, Л.В. Зеленина, А.И. Верещагин, **Л.Х. Кудусова** // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 3 (240). – С. 18 - 20.

3. Мониторинг аэрогенной химической нагрузки на селитебных территориях промышленного города / В.М. Боев, И.Л. Карпенко, Л.А. Бархатова, **Л.Х. Кудусова**, Л.В. Зеленина // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – № 1. – С. 11-13.

4. Прогностическая модель онкологической заболеваемости населения в условиях воздействия химических канцерогенов среды обитания // Е. Л. Борщук, В.М. Боев, Л. А. Бархатова, И.Л. Карпенко, **Л. Х. Кудусова** // Здоровье населения и среда обитания. – 2017. – № 1. – С. 13-16.

5. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха и неканцерогенного риска для здоровья населения, проживающего на приграничных территориях / Е.А. Кряжева, В.М. Боев, **Л.Х. Кудусова**, Д.А. Кряжев, С.В. Перепелкин // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2019. – № 3 (312). – С. 29-35.

#### *В других изданиях*

6. **Кудусова Л.Х.** Вероятные канцерогенные эффекты при техногенном воздействии электромагнитных излучений в современных условиях (обзор) / Л.Х. Кудусова, В.Н. Дунаев // *Альманах молодой науки*. – 2013. – № 2. – С. 3-7.

7. О некоторых проблемах оценки канцерогенного риска при сочетанном действии факторов среды / В. Н. Дунаев, Н. Н. Верещагин, В. М. Боев, **Л.Х. Кудусова**, А.В. Дунаев // *Материалы пленума «Научно-методологические и законодательные основы совершенствования нормативно-правовой базы профилактического здравоохранения: проблемы и пути их решения»*. – Москва, 2012. – С. 115-117.

8. **Кудусова Л.Х.** Гигиенические проблемы при оценке суммарной канцерогенной опасности факторов окружающей среды для здоровья населения [Электронный ресурс] / Л.Х. Кудусова, В.Н. Дунаев // *Сборник трудов Всероссийской дистанционной интернет-конференции «Актуальные вопросы ведения социально-гигиенического мониторинга»* [Электронный ресурс] / ГБОУ ВПО Курский гос. мед. ун-т Минздрава России, Каф. общей гигиены; под ред. Лазаренко В. А. [и др.]. – Курск: КГМУ Минздрава России, 2012. – URL:[http://ksmumpf.ru/publ/konferencija\\_aktualnye\\_voprosy\\_vedenija\\_sgm\\_quot/prinjatye\\_k\\_publicacii\\_materialy/kudusova\\_l\\_kh\\_dunaev\\_v\\_n/22-1-0-233](http://ksmumpf.ru/publ/konferencija_aktualnye_voprosy_vedenija_sgm_quot/prinjatye_k_publicacii_materialy/kudusova_l_kh_dunaev_v_n/22-1-0-233) (дата обращения: 27.09.2021)

9. Загрязнение атмосферного воздуха как фактор риска здоровью населения / В.М. Боев, В.Н. Дунаев, Л.М. Тулина, **Л.Х. Кудусова**, Д.А. Кряжев // *Материалы I Международной научно-практической Интернет-конференции «Современные проблемы здоровья и пути их решения», приуроченной к Всемирным дням борьбы с заболеваниями и проблем, связанных с ними под ред. д.м.н. профессора Е.Л. Борщука*. – Оренбург, 2013. – С. 47-51.

10. **Кудусова Л.Х.** Актуальные аспекты вероятной канцерогенной опасности электромагнитного излучения / Л.Х. Кудусова, В.Н. Дунаев // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные направления развития социально-гигиенического мониторинга и анализа риска здоровью»* (15-17 мая 2013г.), под ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко, акад. РАМН Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2013. – С. 57-61.

11. **Кудусова Л.Х.** Оценка риска здоровью населения, связанного с химическим загрязнением атмосферного воздуха / Л.Х. Кудусова, В.Н. Дунаев // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы безопасности и оценки риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания»* (21-23 мая 2014г.), под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2014. – С. 331-334.

12. **Кудусова Л.Х.** Оценка электромагнитной нагрузки на население г. Оренбурга от средств сотовой связи / Л.Х. Кудусова // *Материалы Международного научно-практического форума «Наука и культура»*. – Оренбург: ОрГМА, 2014. – С. 99-100.

13. Боев В.М. Гигиеническая оценка электромагнитного излучения от персональных компьютеров / В.М. Боев, Л.А. Бархатова, **Л.Х. Кудусова** // *Мат. III Международного Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды на «Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения»* под. ред. акад. Ю.А. Рахманина, Москва, 2018. – С. 34-37.

14. Сравнительная оценка уровней электромагнитных полей радиочастотного диапазона на территории крупного промышленного города / **Л.Х. Кудусова**, В.М. Боев, С.В. Перепелкин [и др.] // *Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей»*, под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2019 г. – С. 164-169.

15. **Кудусова Л.Х.** Гигиеническая оценка электромагнитной обстановки от передающих объектов сотовой связи / Л.Х. Кудусова // Материалы III Международного молодежного научно-практического форума «Медицина будущего: от разработки до внедрения». - Оренбург – 2019. – С. 171.

16. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения при сочетанном воздействии внешнесредовых физических и химических факторов промышленного города / В.М. Боев, **Л.Х. Кудусова**, Д.А. Кряжев, Л.В. Зеленина // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2020 и круглым столом по безопасности питания» (13-15 мая 2020г.), под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2020. – Т 1. – С. 647-655.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АТ – абонентский терминал

БС – базовая станция

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ГН – гигиенический норматив

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт

ЗНО – злокачественные новообразования

ИН – индивидуальная нагрузка, КН – коллективная нагрузка

МАИР – Международное агентство по изучению рака

МР – методические рекомендации

МРТ – мобильный радиотелефон

МУК – методические указания

ПДК – предельно допустимая концентрация

ПДКс.с. – среднесуточная предельно-допустимая концентрация

ПДУ – предельно-допустимый уровень

ППЭ – плотность потока энергии

ПРТО – передающий радиотехнический объект

РЧ – радиочастотный

СанПиН – санитарно-эпидемиологические правила и нормы

СГМ – социально-гигиенический мониторинг

ФБУЗ – федеральное бюджетное учреждение здравоохранения

ФГБОУ ВО – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

ЭМИ – электромагнитные излучения

ЭМП – электромагнитное поле

CombCR – Сочетанный канцерогенный риск, формируемый химическими факторами и электромагнитными полями радиочастотного диапазона

CR – канцерогенный риск

CR̂ - приведенный индекс риска

CR<sub>remfbs</sub> – канцерогенный риск при воздействии ЭМП от базовых станций сотовой связи

CR<sub>remfprt</sub> – канцерогенный риск при воздействии ЭМП от персональных абонентских устройств сотовой связи

ICR – индивидуальный канцерогенный риск

sumCR<sub>remf</sub> – суммарный канцерогенный риск при воздействии ЭМП

TСR – суммарный индивидуальный канцерогенный риск при многосредовом поступлении химических веществ

U.S. EPA – Агентство по охране окружающей среды США

**Кудусова Луиза Халимовна**

**КОМПЛЕКСНАЯ ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА  
ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ СОЧЕТАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ  
ВНЕШНЕСРЕДОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

3.2.1. Гигиена

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

---

Подписано в печать «17» июня 2022 г.  
Бумага офсетная. Гарнитура Times.  
Формат 60ч84/16. Усл. печ. л. 1,5.  
Тираж 100 экз. Заказ № \_\_/2022.

---

Отпечатано с готового оригинал макета.  
И.П. Твердохлеб О.Ю. (Фирма «Копицентр»)  
ИНН 560900423970  
Адрес: 460000, г. Оренбург, ул. Комсомольская, 7  
Тел.:8(3532) 777-88,774-000