

**АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТНЫЙ
ИНСТИТУТ «КАДАСТР»**

На правах рукописи

Бородкин Алексей Евгеньевич

**ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ
СТАРООСВОЕННЫХ РЕГИОНОВ
(НА ПРИМЕРЕ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

25.00.36 – геоэкология (науки о Земле)
25.00.24 – экономическая, социальная,
политическая и рекреационная география

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научные руководители:
д.г.н., проф., Тишков А.А.
д.г.н., проф., Фоменко Г.А.

Ярославль – 2017

Оглавление

<i>Введение</i>	4
<i>Глава 1 Теоретико-методологические основы и особенности эколого-географических подходов оценки риска здоровью населения</i>	16
1.1 Философские предпосылки	16
1.2. Понятие риска в рамках его социогенности и устойчивого развития	20
1.3. Риск здоровью населения в медико-географическом и геоэкологическом аспектах	25
1.4. Анализ методологических подходов оценки риска здоровью в России и за рубежом	46
<i>Глава 2 Выбор и обоснование методов исследования</i>	59
<i>Глава 3 Эколого-географические особенности территории Ярославской области с позиции оценки риска здоровью населения</i>	81
3.1. Характеристика физической среды Ярославской области	82
3.2. Экономико-географическая характеристика Ярославской области	107
3.3. Типичные компоненты выбросов от источников лидирующих отраслей на территории Ярославской области и их потенциальная опасность здоровью населения	112
3.4. Состояние атмосферного воздуха Ярославской области	122
<i>Глава 4 Результаты исследований и их обсуждение</i>	138
4.1 Оценка приоритетности и обоснование выбора загрязняющих веществ с учетом территориальных особенностей и промышленной специфики Ярославской области	142
4.2. Экспозиционная нагрузка и эколого-географические условия формирования экспозиции приоритетных загрязняющих веществ Ярославской области	170
4.3. Характеристика неканцерогенного и канцерогенного рисков здоровью населения	180
4.4 Географические особенности распределения показателей медико-	

экологической нагрузки в муниципальных районах Ярославской области	188
4.5. Предложения по организации региональной системы мониторинга рисков здоровью	246
<i>Выводы</i>	260
<i>Список литературы</i>	264

Введение

Актуальность темы. Одним из главных потенциалов устойчивого экономического развития Российской Федерации является формирование инновационной политики в части повышения качества жизни и трудоспособности населения, экологии живых систем и рационального природопользования, что предполагает системный подход. Качество жизни напрямую зависит от качества среды. Данные вопросы находят свое отражение в ряде государственных стратегических и плановых документов, в частности, Стратегии национальной безопасности Российской Федерации¹, Государственной программе Российской Федерации «Охрана окружающей среды» на 2012-2020 гг., Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на 2008-2020 гг., а также в международных документах, среди которых Цели Устойчивого развития, принятые в 2015 г. на 70-й юбилейной сессии Генеральной ассамблеи ООН². В частности одна из 17-ти утвержденных целей призывает наращивать потенциал в области раннего предупреждения, снижения и регулирования глобальных рисков здоровью, а также сокращать количество случаев смерти, связанных с воздействием химических факторов на окружающую среду (*цель 3, 3.9; 3.d*). Достижение целей устойчивого развития будет способствовать укреплению национальной безопасности и обеспечение устойчивого развития страны на долгосрочную перспективу. Президент России В.В. Путин в своем выступлении «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» на Госсовете РФ, состоявшемся 27 декабря 2016 г., сказал: «В нашей сегодняшней повестке – задачи поэтапного перехода России к модели устойчивого развития, и не просто к модели

¹ Стратегия национальной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 года № 638);

² Цели устойчивого развития стали результатом переговорного процесса с участием 193 государств-членов ООН, в который были вовлечены широкие круги гражданского общества и другие заинтересованные стороны, включая Россию. В итоге были определены 17 целей устойчивого развития со 169 целевыми показателями (Ранее действующие цели развития тысячелетия предусматривали достижение 21 целевого показателя). Генеральный секретарь ООН назвал это событие историческим и подчеркнул, что новая повестка дня в области устойчивого развития требует всеобщей солидарности. <http://www.un.org>.

устойчивого развития, а экологически устойчивого развития»³. При этом подчеркнута важность решения экологических проблем для экономического развития страны.

Стремительный рост новых технологий создает новые риски и неопределенности экологической безопасности, здоровью населения и самому существованию людей. По мнению Г.А. Фоменко, признание важности возрастания экологических рисков, предполагает: (1) повышение роли целей устойчивого развития путем введения их в механизм стратегического планирования на всех уровнях территориальной организации; (2) приоритетное внимание к внешним ограничениям хозяйственной деятельности, связанным с глобальными экологическими рисками (ограничение на выбросы парниковых газов и т.п.); (3) переосмысление методов природоохранного регулирования, инструментария госрегулирования с учетом новых факторов (стимулирование «зеленых» инноваций, «зеленой» модернизации и системного регулирования природопользования на рациональной основе, с учетом новых тенденций развития); (4) важность разработки новых и корректировки существующих показателей развития Российской Федерации и субъектов РФ с учетом реализации мер по обеспечению устойчивого роста.

Способность адекватно оценивать сложившуюся ситуацию, особенно в условиях высоких комплексных рисков и динамического увеличения географического пространства риска, позволит выйти на новый уровень развития общества и обеспечения устойчивого развития. Как отмечено в «Основах государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», эффективная система природоохранного управления будет сформирована при внедрении «...методологии определения и оценки экологических рисков с целью повышения обоснованности принятия управленческих решений». Для решения задач по минимизации негативного воздействия на окружающую среду должно использоваться экологическое

³ <http://kremlin.ru/events/president/news/53602>

нормирование на основе технологических нормативов при обязательном условии сохранения приемлемости экологического риска и риска здоровью населения. Минимизация и мониторинг химических рисков, направленные на нейтрализацию химических угроз и повышение защищенности населения и окружающей среды, являются одними из приоритетных направлений государственной политики в области обеспечения химической безопасности на долгосрочную перспективу⁴. Повышение значимости данного вопроса определяется новым этапом модернизации развития и переходом к «зеленой» экономике.

Современный мир постоянно продуцирует риски, образуя географические пространства рисков неустойчивых во времени и пространстве и имеющих рефлексирующие особенности. Риск-продуцирование в развитии регионов и локальных территорий показывает необходимость детального изучения пространства рисков здоровью населения. Критерий «здоровье» является эффективным индикаторным показателем качества среды обитания, системы жизнеобеспечения и жизнеспособности общества.

Практическое использование исследовательских подходов оценки риска здоровью населения, в части оптимизации природоохранной деятельности, позволяет решить некоторые проблемы, имеющие место в природоохранном законодательстве, реализация таких подходов четко прослеживается во многих странах мира (США, страны европейского союза и др.). В России вопросы о применении риска здоровью населения в процессах оптимизации природопользования являются мало изученными, особенно следует отметить, что оценка риска – это перспективная и эффективная методология совершенствования экономического механизма природопользования.

До настоящего времени в России практически не рассматривались геоэкологические и медико-географические вопросы, основанные на принципах оценки риска здоровью, не изучались закономерности динамических процессов

⁴ Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом РФ 01.11.2013 № Пр-2573)

географического пространства риска здоровью, что важно для решения управленческих проблем современного города – территориального зонирования, индикации результативности программ территориального развития, процедур мониторинга риска с учетом долгосрочного прогноза, что показывает **актуальность** рассматриваемой темы. На староосвоенных территориях, в условиях исторически сложившейся застройки, для определения возможностей эффективного использования территорий под конкретные цели необходимо выполнять специальные геоэкологические и медико-географические исследования в рамках процедуры оценки риска здоровью населения, учитывая при этом географические особенности экспозиции и риска.

Объектом исследования является пространство рисков в аспекте здоровья населения, а также территориальные особенности медико-географической нагрузки.

Предметом исследования выступают эколого-географические детерминанты рисков здоровью населения староосвоенного региона (на примере Ярославской области).

Целью настоящей диссертационной работы является разработка и апробация научно-методологических подходов к изучению пространства риска здоровью населения, разработка предложений по организации региональной системы мониторинга риска здоровью населения в рамках эколого-географических исследований, направленной на принятие решений по территориальному развитию староосвоенных регионов России (на примере Ярославской области).

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие **задачи**:

1. Изучить существующие теоретические и практические подходы к оценке риска здоровью населения на урбанизированных территориях в России и за рубежом.

2. Выполнить эколого-географические исследования Ярославской области для обоснования потенциальных путей вредного воздействия загрязненной окружающей среды.

3. Определить перечень гигиенически значимых химических токсикантов на исследуемой территории, выполнить моделирование рассеивания атмосферных выбросов и дать пространственно-количественную характеристику экспозиционной и рискованной нагрузки на население.

4. Исследовать территориальные особенности региональной экологически обусловленной заболеваемости, а также разработать подходы к выбору приоритетных заболеваний для анализа медико-географической ситуации на территории староосвоенного региона (на примере Ярославской области), с учетом геоэкологического фактора.

5. Классифицировать муниципальные районы Ярославской области по степени медико-географической нагрузки и разработать предложения по организации региональной системы мониторинга рисков здоровью.

Научно-теоретическая база. Исследования опираются на фундаментальные работы по изучению феномена риска Э. Гидденса, У. Бека, Н. Лумана, В.С. Диева. Изучению процессов производства рисков посвящены работы А.Р.Дж. Мол, процессы производства рисков и формирование пространства риска, включая экономические аспекты управления риском, отражены в работах Фоменко Г.А, Фоменко М.А. Роль социально-экологических рисков с позиции устойчивого развития и его социально-экономических предпосылок рассматривались в исследованиях Приваловской Г.А., Волковой И.Н.

Теоретические и практические вопросы внедрения и гармонизации элементов риска здоровью прорабатывались Онищенко Г.Г., Авалиани С.Л., Буштуевой К.А., Новиковым С.М., Гильденскиольдом Р.С., Зайцевой Н.В., Май И.В., Шур П.З., Тулакиным А.В., Киселевым А.В., Рахманиным Ю.А., Суржиковым Д.В., Мишиной А.Л., Фокиным М.В., Бобковой Т.Е., на Украине Турос Е.И., Петросян А.А., а также Brody M., Heroux M.E., Braubach M., Korol N.,

Krzyzanowski M., Paunovic E., Zastenskaya I, Briggs D, McClellan R, Ball D, Rhodes R, Azzouni J, Baumrin S, Benkov K, Blaser M, Brenner B, Asante-Duah K и др.

Медико-географические аспекты исследований опираются на работы Авцына А.П., Марковина А.П., Шошина А.А., Прохорова Б.Б., Игнатьева Е.И., Райха Е.Л., Малхазовой С.М. Vine MF, Degnan D, Hanchette C и др. Особую роль в понимании медико-географических процессов, а также принципов медико-географической дифференциации территорий, сыграли исследовательские работы, выполненные учеными (Рященко С.В., Башалханова Л.Б.) научной школы медицинской географии Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. Возможности математико-картографического моделирования рассматривались в работах Тикунова В.С., Шкуринского Б.В., а также Tran A, Gardon J, Weber S, Polidori L, Maantay JA, Lawson A, Kulldorff M.

Оценкам воздействия деятельности человека на окружающую среду и прогнозированию состояния природно-антропогенных комплексов были посвящены научные работы Котлякова В.М., Кочурова Б.И., Тишкова А.А., Прохорова Б.Б. и других.

Исследования в области оценок существующих и возможных рисков, оказывающих влияние на безопасность жизнедеятельности населения, подробно раскрыты в работах Тишкова А.А. Отдельные исследования Тишкова А.А. посвящены вопросам рисков биотических инвазий, климатических изменений и распространения природно-очаговых болезней, где рискогенность включена в биогеографические научные направления.

Вопросы экологического риска и риска здоровью в эколого-геохимических исследованиях рассматривались Сагателяном А.К., Саакяном Л.В., Беляевой О.А., Тепаносяном Г.О., Пипояном Д.А., Микаеляном М.Г., Геворкяном В.Ш., Аревшатяном С.Г. При этом прорабатывался целый ряд вопросов, касающихся геохимического картирования с выходом на потенциальный экологический риск населению, эколого-геохимической оценки состояния окружающей среды, а также эколого-геохимического анализа рисков в контексте устойчивого развития

Армении.

Результаты исследований пространственной особенности экозависимых заболеваний в Ярославской области были отражены в работах Синицына И.С., Заридзе Д.Г., Вдовиной Л.Н., Басовой И.В., Пизова А.В., Дружинина Д.С., Пизовой Н.В., Прозоровской С.Д. и других.

Научная новизна исследования заключается в разработке механизмов выбора индикаторных экологических обусловленных заболеваний взрослого и детского населения, типизации урбанизированных территорий, основанной на критериях риска здоровью, а также предложений к организации региональной системы мониторинга рисков здоровью. При этом решен ряд задач, касающихся определения роли механизма оценки риска здоровью населения в процедурах геоэкологических исследований, направленных на реализацию геоэкологического подхода в принятии решений по территориальному развитию староосвоенных регионов России (на примере Ярославской области).

Впервые в Ярославской области были выполнены многолетние крупномасштабные рискологические исследования, обеспечивающие научную обоснованность приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха, которые представляют максимальную угрозу населению с учетом прогноза их негативного воздействия. Математическое моделирование экспозиционной и рискованной нагрузки на население позволило выполнить анализ географического распределения опасностей на территории Ярославской области. Впервые разработан и обоснован набор детерминирующих экологически обусловленных заболеваний, учитывающий ведущие «органы-мишени» уязвимые при хроническом воздействии химических токсикантов загрязняющих атмосферный воздух, позволяющий выполнить типизацию муниципальных районов области по коэффициенту медико-географической типизации. Для этого был разработан коэффициент медико-географической типизации области, состоящий из суммы отношений частных стандартизированных индексов приоритетных экологически обусловленных заболеваний взрослого и детского населения, с учетом

промышленной специфики староосвоенного региона и вероятной токсической нагрузки на население.

Анализ медико-географической ситуации и процедура оценки риска здоровью позволили выполнить территориальную дифференциацию медико-географической нагрузки и обосновать методологические подходы к выбору индикаторных заболеваний. Весь комплекс выполненных исследований позволил разработать предложения по организации региональной системы мониторинга рисков здоровью на территориях старого освоения (на примере Ярославской области).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость всего комплекса выполненных исследований заключается в научном обосновании нового подхода территориального анализа и возможности классификации муниципальных районов, основанных на показателях экспозиционных и рискованных нагрузок и соответствующих современным международным рекомендациям. Методологические подходы учитывая риски здоровью населения позволяют использовать надежные количественные критерии отдаленных негативных последствий, научно обосновать приоритеты воздействия и агентов, мероприятий по снижению рисков, а также оценить экономические эффекты.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты диссертационного исследования будут использованы в процессе управления территориями разных уровней. Предложенные методологические подходы позволят оптимизировать и дополнить систему мониторинга за состоянием окружающей среды и здоровьем населения, показателями риска, а также определить региональные особенности риск-рефлексии населения. Результаты работы помогут определиться в выборе приоритетов для реализации геоэкологического подхода в принятии обоснованных решений по территориальному развитию с учетом аргументированной безопасности для населения.

Методология и методы исследования. В работе использовались аналитические и сопоставительные методы исследований, методы математического моделирования и прогнозирования, картографический и статистический методы анализа данных, токсикологический и эпидемиологический анализы, визуализация результатов работы осуществлялась посредством интеграции данных вычислительного моделирования в геоинформационные системы с растровым представлением распространения цветокодированных экспозиционных и рисков величин на изучаемой территории, проводились натурные наблюдения и исследования, изучался зарубежный и отечественный опыт.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Оценка приоритетности компонентного состава с помощью подходов оценки риска (идентификации опасности), сформированного токсического поля на территории староосвоенного региона (на примере Ярославской области), меняет спектр стандартных контрольных химических загрязнителей атмосферного воздуха, формирует региональный перечень приоритетных загрязнителей и оптимизирует систему контроля за загрязнением атмосферного воздуха.
2. Современные региональные системы мониторинга качества окружающей среды не учитывают в должном объеме возможное негативное влияние на здоровье населения и не позволяют дать аргументированную оценку безопасности проживания населения в жилых зонах на урбанизированных территориях, как существующего положения, так и на перспективу.
3. Количественная характеристика риска здоровью населения с учетом ее прогнозной функции позволяет выбрать приоритетные индикаторные экологически обусловленные заболевания, а также оптимизировать процедуру типизации территории староосвоенного региона (на примере Ярославской области).
4. Модель медико-географической нагрузки, основанная на подходах

оценки риска здоровью, позволяет реализовать геоэкологический подход в принятии обоснованных решений по территориальному развитию области.

Апробация результатов. Основные научные положения и материалы диссертации докладывались на: учебном семинаре «Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий и групп предприятий. Состояние дел и перспективы» (г. Ярославль, 2008); Всероссийской научно-практической конференции «Охрана здоровья населения промышленных регионов: стратегия развития, инновационные подходы и перспективы» (г. Екатеринбург, 2009); научно-практической конференции «Гигиена атмосферного воздуха», посвященной 110-й годовщине со дня рождения Д.Н. Калюжного (Украина, г. Киев, 2010); на встрече, в рамках визита в США по программе «Open World», со специалистами факультета устойчивого развития Chatham University; городского совета г. Питтсбурга; со специалистами Центра исследований и образования в сфере охраны окружающей среды биологического факультета Duquesne University (США, г. Питтсбург, 2012); XV Съезде гигиенистов Украины «Управление рисками здоровью в территориальном развитии» (Украина, г. Львов, 2012); VI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне» (г. Ярославль, 2013); на встрече с сотрудниками лаборатории гигиены атмосферного воздуха и оценок риска Института гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева Национальной Академии медицинских наук Украины (Украина, г. Киев, 2014); V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием молодых ученых и специалистов «Окружающая среда и здоровье. Здоровая среда – здоровое наследие» (г. Москва, 2014); научно-практической конференции по экологическим проблемам Московского региона (г. Москва, 2014); IV Международной научной конференции по фундаментальным и прикладным проблемам устойчивого развития в системе «Природа-Общество-Человек»: наука, инженерия, образование» (г. Дубна, 2014); V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Защита от повышенного шума и вибрации» (г. Санкт-Петербург, 2015); 68-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и

аспирантов с международным участием (г. Ярославль, 2015); II научно-практической конференции «Гигиенические аспекты формирования безопасных условий обитания населения в городской среде» (г. Санкт-Петербург, 2015); Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения» (г. Юрга, 2015); V Международная научная конференция по фундаментальным и прикладным проблемам устойчивого развития в системе «Природа-Общество-Человек» «Проблемы измерения и управления устойчивым развитием в условиях глобальных вызовов, рисков и угроз» (г. Дубна, 2015); 69-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием (г. Ярославль, 2016); Международной научно-практической конференции «Хартия Земли – практический инструмент решения фундаментальных проблем устойчивого развития» (Республика Татарстан, г. Казань, 2016); IV Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы гигиены, экологии человека, медицинской профилактики и здорового образа жизни» (г. Ярославль, 2016).

Материалы диссертационной работы использованы при разработке Порядка определения долей предприятий в финансировании мероприятий по содержанию и управлению санитарно-защитной зоной Южного промышленного узла г. Ярославля (2008), подготовке Докладов о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области в 2011–2014 гг., Экологического атласа Ярославской области (2015).

Методологические подходы оценки риска здоровью населения используются в проектах организации санитарно-защитных зон предприятий и групп предприятий (2008–2017 гг.).

Материалы исследования включены в учебный процесс по экологическим дисциплинам в Ярославском государственном техническом университете (с 2011 г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 23 работы, в том числе 4 в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 275 листах компьютерного текста. Состоит из введения, 4 глав, выводов, библиографического указателя, включающего 153 источника, в том числе 30 источников иностранной литературы. Диссертация в основном тексте иллюстрирована 37 таблицами и 59 рисунками.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность своим научным руководителям д.г.н., проф. Тишкову А.А. и д.г.н., проф. Фоменко Г.А. за постоянную консультационную и научно-методическую поддержку на всех этапах выполнения диссертационной работы; Фоменко М.А. за рекомендации и ценные советы; сотрудникам Института «Кадастр» Лузановой А.К. и Дедюкиной С.Н. за помощь в коррекции рукописи и формированию электронных баз данных, а также Афанасьевой С.А. за помощь в создании картографического материала. Автор выражает глубокую признательность к.т.н., доценту, редактору журнала "БИОМЕТРИКА" Леонову В.П. за ценные советы при проведении статистического анализа результатов исследований. Отдельную благодарность автор выражает проф. М. Броди (Американский университет, США, г. Вашингтон) за доброжелательное отношение и консультационную поддержку на заключительных этапах работы. Особую благодарность автор выражает своей семье за моральную поддержку.

Глава 1 Теоретико-методологические основы и особенности эколого-географических подходов оценки риска здоровью населения

1.1 Философские предпосылки

Начало становления мышления человечества о вероятности развития каких-либо негативных последствий при воздействии каких-либо факторов прослеживается еще с античных времен, в частности, такие умозаключения можно встретить в трудах великого эпического поэта архаического периода Гесиода, выходца из селения Аскры в Беотии (ок. 700 г. до н.э.). Уже в то время предпринимались попытки развития изучения феномена риска в рамках рассмотрения концепции триады «закономерность-случайность-неопределенность». Дальнейшая эволюция знаний и формирование общих философских представлений о судьбе, опасности и риске, по мнению российских ученых Дорожкина А.М. и Григорьевой Н.Е. (2008), принадлежит последнему периоду развития философии Древней Греции, так называемой эллинистической философии, когда представления о риске дополнялось идеями объективной случайности и неопределенности, как особых научных характеристик, а одной из важных конструктивных элементов риска выступала рациональность (Дорожкин, Григорьева, 2008). Рационалистические подходы прочно закрепляются в эпоху европейской культуры, эпоху просвещения, когда наблюдалось интенсивное интеллектуальное движение. Траекторию этого движения можно проследить через математическую философию Р. Декарта, Г. Лейбница и Б. Спинозы. Рационалистическая тенденция в части анализа ситуации, как писал Гайденко П.П., может быть охарактеризована «ситуацией неразумности разума», что подразумевало разумность космоса в целом, разумность человека и законов исторического развития (Гайденко, 2003). Дорожкин А.М. в своих исследованиях риска социального пространства показывает, что классическая рациональность имела проблемы научного обоснования мироустройства в части понятий времени и движения, ограничивающее исследовательские возможности классической

рациональности. Однако понятие риска не следует рассматривать только в классическом рациональном направлении, риск в какой-то мере находится в противостоянии с классикой и может содержать элементы континентального рационализма – британского эмпиризма, для которого характерна абсолютизация опыта. Лосский Н.О. (1904) писал: «Эмпиризм стремится построить все знания на опыте», что в современном понимании явно относится к анализу риска.

Дальнейшее развитие изучения феномена риска прослеживается во время становления теории вероятности, так как риск, по сути, есть вероятностная категория, событие случайное, что рассматривалось уже в XVII–XVIII вв. в трудах Бернулли и Гюйгенса. Работа Бернулли была продолжена Абрахамом де Муавром (1667–1754) в монографии «Доктрина шансов» (1718).

В течение нескольких веков вплоть до XX столетия наблюдался значительный рост исследований вероятности случайных событий, где данное понятие включается во многие научные дисциплины. В XVII веке данной проблемой занимался Галилей, в XVIII–IX вв. особое внимание было уделено теории ошибок, где особое значение имеют работы Лежандра, Гаусса и др. Данное направление крайне актуально и для современной теории рисков. Раскрытая теория вероятности случайных событий и ее широкое практическое значение способствовало формализации этого понятия, что наблюдалось в начале XX века в виде аксиоматизации теории вероятности Гильберта (1862–1943). Решением данного вопроса занимались такие видные математики, как С. Берштейн, А. Ломницкий, Р. Минеза, однако максимально эффективную систему предложил А.Н. Колмогоров.

Современное состояние развития теории риска базируется на работах зарубежных авторов. Значительный прорыв в изучении феномена риска датируется 90-ми годами прошлого века, как отмечают российские ученые (Диев, 2011; Фоменко, 2013а; 2013б), благодаря работам Э. Гидденса, У. Бека, Н. Лумана. В работе Диева В.С. (2011), отмечено, что «...активное обращение к проблематике риска, проходящее через целый спектр научных дисциплин,

говорит о том, что эти вопросы весьма важны как для современного общества, так и для теоретического знания. Анализ современного состояния исследований по проблемам риска показывает, что отсутствует единое понимание этого феномена различными науками. Для этого есть свои основания. Риск является междисциплинарной областью знания, этот термин приобрел статус общенаучного понятия, выходящего за пределы той или иной частной науки либо их специфической группы» (Диев, 2011). Действительно, риск – понятие интегральное и вероятностное, имеющее возможность количественно рассмотреть сложившуюся ситуацию, чаще в рамках прогноза и предупреждения. Энтони Гидденс (A. Giddens) в своей работе «Fate, Risk and Security» (1991) справедливо отметил, что «...жить в эпоху «поздней современности» (late modernity) значит жить в мире случайности и риска – неизменных спутников системы, стремящейся к установлению господства над природой и рефлексивному творению истории», «...весь мир будущих событий открыт для преобразования людьми – в тех пределах, которые, насколько это возможно, устанавливаются в результате оценки риска» (Giddens, 1991). По мнению Гидденса «...Риск и попытки оценки риска настолько существенны для колонизации будущего, что его исследование может дать нам очень много в понимании основных элементов современности. Сюда относятся несколько факторов: уменьшение риска для жизни индивида, соответствующее большим зонам безопасности в повседневной жизни, колонизованных абстрактными системами; образование институционально ограниченной среды риска; контроль риска как ключевой аспект современной рефлексивности; риск возникновения событий со значительными последствиями как результат глобализации и противодействие всех названных факторов перепадам внутренне нестабильного «климата риска». Социализацию понятия риска отмечает Н. Луман (1991, 1994), «...оценка риска и готовность принять риск – это проблема не только ментальная, но прежде всего – социальная» (Луман, 1994; Luhmann, 1991). По утверждению Н. Лумана, «...современное рисковое поведение вообще не вписывается в схему рационального/иррационального»

(Luhmann, 1993). Риск сопровождает любые действия, любые решения. Риск, по Н. Луману (1991, 1994), относится к сфере субъекта, активно относящегося к миру и принимающего решения. Опасность же является продуктом среды и относится к объекту.

Несмотря на достаточную проработанность рискологической проблемы, Луманом не представлена общая картина «общества риска». Дальнейшая проработка, обобщение и формирование общей концепции понятия «общества риска» принадлежит У. Беку (U. Beck) (2001), который рассматривал данный вопрос в рамках теории модернизации, ориентируясь, в первую очередь, на будущие опасности. «...Общество риска подразумевает, что прошлое теряет свою детерминирующую силу для современности. На его место – как причина нынешней жизни и деятельности – приходит будущее, т.е. нечто несуществующее, конструируемое, вымышленное. Когда мы говорим о рисках, мы спорим о чем-то, чего нет, но что могло бы произойти, если сейчас немедленно не переложить руль в противоположном направлении» (Бек, 2001). Согласно У. Беку (1994), риск – это не исключительный случай, не «последствие» и не «побочный продукт» общественной жизни. Риски постоянно производятся обществом, причем это производство легитимное, осуществляемое во всех сферах жизнедеятельности общества – экономической, политической, социальной (Бек, 1994). Таким образом, риск представляет собой имманентное свойство современного общества рефлексивного модерна, что качественно отличает его от модернистского индустриального общества. Общество риска Бек связывает с процессом «субполитизации» как распространения политического на сферы и социальные силы, которые ранее находились вне политики: экономику и производство, науку, экологию и т.д. (Бек, 2000). В развитой У. Бек (2000) концепции, риск в социологическом смысле есть систематическое взаимодействие общества «с угрозами и опасностями, инициируемыми и производимыми процессом модернизации как таковым. В отличие от опасностей прошлых эпох риски суть последствия, связанные с угрожающей мощью

модернизации и порождаемыми ею глобальной нестабильностью и неопределенностью... В обществе риска неизведанные и неожиданные последствия приобретают характер господствующей силы» (Доклад о мировом..., 2014).

1.2. Понятие риска в рамках его социогенности и устойчивого развития

Современная Россия в течение ряда лет проходит этапы становления на путь международной интеграции, модернизации экономик и устойчивого развития. При этом, как сказано в Докладе о мировом развитии (2014), «...происходящие в мире перемены сопровождаются появлением множества новых возможностей...», данная ситуация способствует тому, что «...возникают старые и новые факторы риска – от возможности потери работы или заболевания до угрозы социальных потрясений или загрязнения окружающей среды...». Вопросы социогенности риска затронуты в Докладе о мировом развитии (2015), где одной из основных составляющих риска являются поведенческие реакции общества. При этом поведенческая реакция может выступать в качестве эффективного инструмента для достижения целей устойчивого развития, расстановки приоритетов при принятии жизненно необходимых решений. Существенные риски развития неблагоприятных эффектов могут быть вызваны информационным искажением и неправильностью восприятия и трактовки представленных данных, что делает процедуру информирования о риске довольно опасным этапом оценки риска.

По мнению Фоменко Г.А. (2011, 2013б, 2016), все изменения, происходящие в России, в различных направлениях деятельности, которые способствуют «производству» рисков и позволяют на них рефлексировать общество, влекут за собой формирование специфических географических областей – пространства рисков. Так, в своей работе «Развитие природоохранных институтов как риск-рефлексия», автор описывает, возможный процесс формирования пространства рисков, а также развивает ранее поднятую тему Mol A.P.J. (1995) «...растущие масштабы производства рисков при ускорении процессов изменения

экономического пространства предполагают изменение подходов к управлению, все больше рассматривая его как рефлексию и реакцию общества в целом или его отдельных институтов на производство, распространение и «потребление» рисков. В России в явной или неявной форме сформировалось пространство рисков, которое по своей сути есть географическое пространство, рассматриваемое в терминах рискологии и различающееся территориальными характеристиками, так как оно представляет собой совокупность отношений между географическими объектами, расположенными на конкретной территории и развивающимися во времени» (Фоменко, 2011). Актуальность данного вопроса (анализа пространства риска) в современной России возрастает с каждым годом, в первую очередь, это связано с тем, что развитие регионов идет параллельно с увеличением рискогенности, причем не только на региональном уровне, но и на локальном в условиях изменения экономического пространства. Фоменко Г.А. отмечает: «...процессы сжатия экономического пространства влекут за собой существенное изменение территориальной структуры экологических рисков. Если в городах, где размещаются новые высокотехнологичные производства, улучшается экологическая ситуация, неизбежно происходит возрастание рисков модернизации, в первую очередь, не предсказуемых. На территориях же, выпадающих из активного экономического пространства, увеличиваются зоны наиболее опасных социально-экологических рисков, связанных с истощением бюджетобразующих природных ресурсов...» (Фоменко, 2011).

Рассматривая проблему устойчивого развития, феномен риска имеет большое значение в процессах устойчивости – одной из составных частей системы природа–общество–человек. При этом в данной системе прорисовываются две области, в которых присутствуют элементы риска, осложняющие принятие решений по проблемам устойчивого роста. К ним относятся процессы развития природы и акты человеческого выбора, что, по мнению Приваловской Г.А. и Волковой И.Н. (2010), характеризуется непредсказуемостью и имеет вероятностный характер. Реализация концепции

устойчивого развития в региональных рамках, как отмечает Приваловская Г.А., имеет свои различия, как по степени, так и в пространственно-временных характеристиках. Не вдаваясь в подробности «слабой» и «сильной» устойчивости, а также имея в виду суждения Приваловской Г.А. и мнение Daly Н.Е. (1990) по этому поводу, отметим, что слабая и сильная устойчивость может иметь единовременное существование, но с различной пропорциональностью, имеющую многофакторную зависимость (природные, социальные и материальные условия). Реализация регионального подхода к устойчивому развитию должна исходить как раз из позиции минимизации социально-экологических рисков устойчивого развития, при этом социально-экологические риски, это не риски стихийного природного характера и не риски связанные со средой обитания. Приваловской Г.А. четко определены объекты социально-экологического риска. По мнению автора «объектами воздействия социально-экологических рисков выступают различные компоненты региональных социально-экономических систем и прежде всего население регионов как основной реципиент угрозы их проявления». В связи с этим рисковый фактор выходит на новый уровень уязвимости человека, так как «совокупность природных и социально-экономических факторов во многом предопределяет разную степень подверженности населения регионов социально-экологическим рискам», то есть степень уязвимости населения (Генриэтта Алексеевна Приваловская..., 2015).

Курс на минимизацию рисков также является одной из основных целей современной системы природоохранного управления, при этом актуальность данной проблемы наблюдается в рамках международных организаций. Данная проблематика активно изучается в г. Ярославле под руководством профессора Фоменко Г.А. Изучение литературных источников в части анализа динамических процессов происходящих в пространстве риска здоровью населения (в том числе экологического) позволяет сделать вывод о том, что как в России, так и за рубежом данная тема не рассматривалась. Анализ динамических процессов

пространства риска должен быть неотъемлемой частью общей процедуры оценки риска. Возможные изменения динамических процессов предполагает разнообразную и регулярную оптимизацию риск-инструментария. Об этом свидетельствует, по мнению Фоменко Г.А., «...активное развитие применительно к природоохранной сфере теории риск-менеджмента (англ. risk management), понимаемого как «процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь, вызванных его реализацией...».

В методологическом плане, а так же в плане стандартов качества, включая международные стандарты в области экологического менеджмента и управленческих процедур, за последнее десятилетие разработан ряд документов (ГОСТ Р ИСО 14050-2009 «Менеджмент окружающей среды. Словарь»⁵, ГОСТ Р ИСО 19011-2012 «Руководящие указания по аудиту систем менеджмента»⁶, ГОСТ Р 51898-2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты»⁷), которые представляют обобщенную процедуру оценки риска применительно к любым аспектам безопасности. Данные документы характеризуются единообразием оценочных подходов и терминологического аппарата. В ряде своих исследований и на основании различных стандартов, Фоменко Г.А. обобщил для современного риск-менеджмента главные рабочие процедуры, такие как «... (1) выявление риска и оценка вероятности его реализации и масштаба последствий, определение максимально-возможного убытка; (2) выбор методов и инструментов управления выявленным риском; (3) разработка риск-стратегии с целью снижения вероятности реализации риска и минимизации возможных негативных последствий; (4) реализация риск-

⁵ Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 1273-ст. Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 14050:2009 «Менеджмент окружающей среды. Словарь» (ISO 14050:2009 «Environmental management – Vocabulary»)

⁶ Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 июля 2012 г. № 196-ст. Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 19011:2011 «Руководящие указания по аудиту систем менеджмента» (ISO 19011:2011 «Guidelines for auditing management systems»)

⁷ Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 5 июня 2002 г. N 228-ст. Настоящий стандарт подготовлен с учетом Руководства ИСО/МЭК 51:1999 «Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты»

стратегии; (5) оценка достигнутых результатов и корректировка риск-стратегии. Ключевым этапом риск-менеджмента считается этап выбора методов и инструментов управления риском».

В последнее время, общество приходит к осознанию всей важности вопроса о риске, рассматривая восприятие риска как проблему выживания. Интересное сравнение восприятия рисков отражено в работе Фоменко Г.А. (2012), в которой автор отметил, что в «...сознании значительной части человечества экологические риски стали восприниматься как особо значимые для выживания и встали в один ряд с рисками угрозы гибели в ядерной войне...».

Следует отметить, что в России показатели оценки риска не имеют отражения в какой-либо отчетности (за исключением системы социально-гигиенического мониторинга). В первую очередь, учитывая особую значимость рисков здоровью населения, внедрение показателей риска целесообразно начинать со статистического учета. «Соответствующий показатель (или группа показателей) даст возможность постоянного мониторингового анализа пространства рисков здоровью населения; фиксировать и оценивать рискогенность развития городов и регионов», а «...индикативные свойства риска, как инструмента, являются главными стимуляторами роста «зеленой» экономики (англ. Green economics, Ecological economics) (Фоменко, 2013б).

Направление на устойчивый рост и реализация подходов «зеленой» экономики отражено в итоговом документе Конференции ООН по устойчивому развитию (Рио+20), где была признана фундаментальная необходимость решительного воздействия на социальные и экологические детерминанты здоровья с целью создания инклюзивных, основанных на принципах справедливости, экономически производительных и здоровых обществ (Будущее, которого мы хотим..., 2012; Фоменко, 2013а). Важные позиции, касающиеся оценки состояния окружающей среды и предложений по сохранению ее качества, используя различные меры политического реагирования, были отражены в Докладе об оценке глобальной экологической перспективы (ГЭП-5). От

предыдущих докладов ГЭП-5 имеет принципиальные отличия в формулировании целей, которые смещаются от оценки «проблем» к предоставлению возможных «решений» (Глобальная экологическая..., 2012).

В России особое внимание уделено оценкам и анализу территорий, которые отнесены к зонам риска, к так называемым «горячим точкам» – территориям с максимально загрязненными средами. Данный вопрос отражен в «Итоговом докладе о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России на период до 2020 г.» и относится к одной из приоритетных мер государственной политики экологического развития.

По-новому риск здоровью смотрится в совокупности с другими рисками и особенно «...в условиях нарастания рискогенности развития при переходе к новой экономике». Роль рисков приобретает более глубокий смысл при «...определении структуры целевых приоритетов природоохранной деятельности...» и совершенствовании подходов к процедурам управления особенно в состоянии «...растущих масштабов производства риска в процессе изменения экономического пространства» (Фоменко, Бородкин, 2016).

Резюмируя обзор литературы в части применимости процедуры оценки риска в устойчивом развитии следует отметить, что оценка и учет критерия воздействия окружающей среды на здоровье – как индикатора ее качества, во всех стратегиях, является «ключевым подходом к устойчивому развитию и «зеленому росту» и является обязательным условием для его реализации и обеспечения» (Фоменко, 2013а).

1.3. Риск здоровью населения в медико-географическом и геоэкологическом аспектах

За последние 20 лет было опубликовано большое количество трактовок термина «риск», представлены убедительные данные о необходимости и эффективности употребления термина «риск» в экспертных работах разного характера, определена практическая значимость рискованных подходов, однако большая проработанность данного вопроса находится в системе «окружающая

среда – здоровье населения». Несмотря на кажущуюся проработанность вопроса, почти каждое исследование по теме оценки риска имеет важную выводную часть о необходимости дальнейшего изучения оценки риска здоровью населения, проработки ее теоретической основы, гармонизации исследовательских подходов и дальнейшего поиска ее прикладной стороны.

Начало работ связанных с изучением системы «окружающая среда – здоровье населения», в которых прослеживается внедрение и гармонизация элементов анализа риска, относится к 1990-м гг. эта тема отражалась в работах как отечественных, так и зарубежных авторов (Онищенко Г.Г., Авалиани С.Л., Буштуевой К.А., Гильденскиольда Р.С., Зайцевой Н.В., Май И.В., Шур П.З., Тулакина А.В., Киселева А.В. и др.), специалистов Консультационного центра по оценке риска здоровью Гарвардского института международного развития (Larson В. и др.) и Американского Агентства по охране окружающей среды и др. (Зайцева и др., 1994; Киселев, Фридман, 1997; Окружающая среда..., 1997; Тулакин, Ершова, Тулакина, 1996).

Аналитические и управленческие возможности оценки риска здоровью населения были отмечены в России с 1995 г., после проведенного семинара по оценке риска, организованного Гарвардским институтом международного развития (ГИМР) при поддержке Агентства международного развития США (АМР). Начиная с 1996 г. использование методологии оценки риска здоровью населения находит свое место во многих проектах по экологической политике и экономике природопользования, СНГ – ГИМР, АМР (США): гг. Волгоград, Новокузнецк, Ангарск, Пермь, Красноуральск, Клин и др., а также в проектах РОЛЛ. При этом методология оценки риска здоровью населения показала высокую эффективность в решении задач территориального управления в интересах охраны здоровья и была рекомендована такими ведущими международными организациями как ВОЗ, МОТ, ОЕСР и др.

По мнению ряда ученых (Онищенко Г.Г., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Фокин С.Г.), процедура оценки риска является наилучшим современным

аналитическим инструментом для характеристики влияния факторов окружающей среды на здоровье населения, а также оценки качества среды обитания (Основы оценки риска..., 2002; Фокин, 2010; Briggs, 1999, 2008; McClellan, 1999; Asante-Duah, 2002; Sobus, Tan, Pleil, Sheldon 2011). Оценка риска лежит в основе деятельности практически всех международных организаций: Программы ООН по окружающей среде (UNEP), Международной организации труда (ILO), Всемирной организации здравоохранения (WHO), Международной программы по химической безопасности (IPCS), Международной торговой организации (WTO), ФАО/ВОЗ (FAO/WHO) и др.

Рахманин Ю.А. (2002), считает, что оценка риска рассматривается в качестве главного механизма разработки управленческих решений по оптимизации состояния окружающей среды и здоровья населения, этого же мнения придерживается Суржиков Д.В. (2007), в своей диссертационной работе он описывает актуальность развития данного вопроса следующим образом: «...устранение или ослабление неблагоприятного действия средовых экологических факторов диктуют необходимость совершенствования методологии оценки и управления риском, адаптацию основных теоретических положений концепции риска к потребностям практики». Оценка риска является прогнозным методом анализа, позволяющим характеризовать качество окружающей среды и выявить приоритеты опасностей. В своей статье «Оценка воздействия на население Москвы загрязнений атмосферного воздуха канцерогенными веществами», С.Г. Фокин (2010), так трактует универсальность процедуры оценки риска: «Оценка риска позволяет получить соотношение определенной концентрации вещества, загрязняющего окружающую среду, и вероятности негативного воздействия на здоровье человека (вероятность развития канцерогенных и неканцерогенных эффектов, смертельного исхода заболевания и др.), выявить приоритетные загрязняющие вещества и источники их поступления в различные среды (атмосферный воздух, вода, почва)»¹⁷. Оценка риска может быть выделена в качестве отдельной методологической процедуры изучения

зависимостей вероятности негативного воздействия окружающей среды на здоровье (Оценка риска здоровью..., 2006), однако ряд авторов (Мусийчук, Ломов, Кудрявцев, 2010; Игнатова, 2006) считают, что отделять оценку риска в отдельную исследовательскую единицу, в рамках системы санитарно-эпидемиологического надзора, нецелесообразно.

Мусийчук Ю.И. и др. (2010), в своей статье «Учет потенциального риска смерти в методологии оценки состояния здоровья населения», ссылается на исследования Верещагина А.И., Зайцева В.И., Фокина М.В. (2007), которые характеризуют риски, как «инструмент, с использованием которого возможно обоснование мер управления состоянием общественного здоровья, так как они являются всего лишь прогнозными величинами, учитывающими особенности формирования санитарно-эпидемиологического благополучия (чаще неблагополучия) популяций и территорий». С этим высказыванием можно согласиться, если рассматривать данный аспект в части работы системы социально-гигиенического мониторинга. Также Мусийчук Ю.И. с соавторами отмечают целесообразность применения оценки риска как процедуры необходимой «...для выявления «узких мест» в обеспечении здоровья населения, прогнозирования связанного с этим ущерба, выработки рекомендаций по его снижению. В общем случае оценка риска рассматривается как зависящая от времени вероятность ущерба и определяется в виде произведения вероятности нежелательного воздействия (события) на величину возможного ущерба...».

В отличие от сугубо гигиенических практик, использование оценки риска здоровью населения в монорежиме может быть достаточно эффективным в географических науках (медицинская география, геоэкология, социальная география и др.), а также смежных с географией научных направлениях (экология, гигиена окружающей среды, экология человека, экономика, биоэкономика и др.). В этом случае географическая оценка риска здоровью населения рассматривает и изучает географическое пространство риска здоровью с целью пространственной оценки, прогноза и управления. К сожалению автор не нашел научных работ по

медицинской географии, где оценка риска здоровью использовалась бы как полноценный исследовательский инструмент для оценки географического пространства риска здоровью. Однако как показывает практика, оценка риска, на некоторых исследовательских этапах, всегда затрагивает изучение географической среды и ее взаимосвязи с популяционным здоровьем. Такое взаимодействие научных направлений, гигиенических и географических, вписывается, в предложенную Прохоровым Б.Б., Рященко С.В. (2012), теоретическую модель территориальной антропоэкологической (демоэкологической) системы. Анализируя сопоставимость исследовательских подходов оценки риска и медицинской географии выявляются схожие проблемы, которые в обобщенном виде представляли «...разработку методов медико-географической оценки территории, поиск специфической территориальной ячейки, пространственно локализующей медико-географические явления» (Прохоров, Рященко, 2012). С позиции оценки риска данные проблемы трактовались бы как разработка методов оценки пространства риска здоровью населения, поиск специфической рискогенной территории, пространственно локализующей экспозиционные и рискогенные явления. Достаточно сложной проблемой в исследованиях по оценке риска является определение пространственных границ рисков, что также наблюдается и в медицинской географии, где сложности возникают при определении «...пространственных границ медико-географических и антропоэкологических объектов исследования и картографирования» (Прохоров, Рященко, 2012).

Методологическая и практическая основа оценки риска имеет законодательное закрепление, в том числе и на международном уровне. Так, в статье «Актуальные проблемы в системе государственного регулирования химической безопасности», представленной группой ученых (Новиков С.М., Шашина Т.А., Хамидулина Х.Х., Скворцова Н.С., Унгурияну Т.Н., Иванова С.В.) отмечено, что «...В настоящее время принято около 10 международных стандартов по оценке риска здоровью человека (ISO 14121, ISO 2700, ISO 27001 и

др.), последний из них – по управлению риском (ISO 31000, от 30 мая 2009 г.). Уже сейчас в России при аттестации предприятий на соответствие ISO 9001 международные комиссии при наличии данных об оценке риска сразу же выдают сертификат...» (Актуальные проблемы..., 2013). Современный вариант процедуры оценки риска (Р 2.1.10.1920-04)⁸ имеет полностью гармонизированную структуру с международными рекомендациями (Guidelines for carcinogen risk assessment. EPA/630/P-03/001F, 2005; Guidelines for drinking-water quality; second addendum. Vol. 1. Recommendations. WHO; 2008; Air quality guidelines global update. WHO; 2005).

В соответствии с положениями ряда законов⁹, градостроительных¹⁰ и санитарных норм и правил¹¹, в целях охраны окружающей среды населенных пунктов, промышленные предприятия 1-2 классов опасности и группы предприятий в составе промышленного узла, а также имеющие в своих выбросах вещества 1-2 классов опасности и канцерогены, должны отделяться от жилой застройки санитарно-защитной зоной (СЗЗ) с обязательным обоснованием ее границы результатами диагностической оценки риска здоровью населения.

По данным Новикова С.М. и др. (2013) химическая безопасность в исследовательской среде риска здоровью ежегодно принимает особую актуальность в нормативно-методическом поле «...целью государственной политики в области обеспечения химической безопасности является последовательное снижение до приемлемого уровня риска его воздействия на здоровье населения и экологические системы, что нашло отражение в Конституции РФ, в 16 федеральных законах РФ, Указе президента РФ, в 20 постановлениях Правительства РФ, в 6 приказах МЗ и СР РФ, Роспотребнадзора и МПР, в 40 постановлениях Главного государственного санитарного врача РФ, в

⁸ Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора России; 2004.

⁹ Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об охране атмосферного воздуха»; Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 28.11.2015) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»; Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 28.11.2015) «О техническом регулировании».

¹⁰ Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 30.12.2015).

¹¹ СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 (новая редакция) «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (с изм. №1, №2, №3, №4).

том числе в 2 руководствах, 2 санитарных правилах, 5 СанПиНах, 29 Гигиенических нормативах» (Онищенко, 2012).

В продолжение данного вопроса следует остановиться на моменте вступления России в ВТО (Всемирная торговая организация), которое произошло в июле 2012 г. (Россия стала 156-м полноправным членом ВТО). Это наложило на Россию определенные обязательства, которые требуют принятия дополнительных мер, связанных с изменением принципов осуществления государственного санитарно-эпидемиологического нормирования в рамках практик Таможенного союза и Российской Федерации. Принципы гармонизации, эквивалентности оценки риска уже отражены в ряде правовых актов, принятых на уровне Комиссии Таможенного союза в 2011 г. («О гармонизации санитарных и фитосанитарных мер с международными стандартами») и на уровне правительства Российской Федерации, что связано с реализацией планов адаптации российской экономики к условиям членства в ВТО (Онищенко, 2012).

В 2013 г. в России была организована новая (взамен системы аккредитации органов по оценке риска) система подтверждения компетентности организаций выполняющих исследовательские работы по оценке риска здоровью населения – Система добровольной сертификации органов по оценке риска, которую осуществляет ФГУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора РФ. Структура работ и этапность проводимых исследований, а также представление результатов исследований и формирование отчетной документации, изложена в новых методических рекомендациях (Методические рекомендации № ЦОС001-13 от 20.03.2013 г. «Порядок проведения сертификации организаций в системе добровольной сертификации органов по оценке риска здоровью населения», Методические рекомендации № 002-13 от 25.10.2013 г. «Изменение № 1 к МР ЦОС 001-13 «Порядок проведения сертификации организаций в системе добровольной сертификации органов по оценке риска здоровью населения»).

На сегодняшний момент широкое использование оценки риска в практике

территориального управления, управления городскими землями (в основном староосвоенных городов) представлено в проектах организации санитарно-защитных зон отдельных предприятий и групп предприятий (промышленных узлов). В статье «Обоснование дифференцированных санитарно-защитных зон для предприятий по переработке аккумуляторов в современных условиях» (2013) авторами справедливо отмечено, что «в нашей стране организация санитарно-защитных зон (СЗЗ) вокруг территории промышленных предприятий остается одним из ведущих методов эффективного снижения неблагоприятного антропогенного воздействия загрязнения окружающей среды на здоровье населения». Особенную актуальность данная тема принимает в связи с «...увеличением стоимости земли, особенно в городах». Есть и некоторые проблемы, характеризующиеся тем, что «...размеры СЗЗ, декларированные в действующих СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03, во многих случаях не учитывают изменившихся требований к объемам производства и могут являться тормозом для совершенствования технологических решений» (Обоснование дифференцированных..., 2013). В автореферате диссертации, Мишина А.Л. (2011) также останавливается на прикладном характере оценки риска в деятельности санитарных служб, «... в России методология оценки риска в последние годы широко используется в практической деятельности органов Роспотребнадзора для оценки уровней загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами и обусловленных ими рисков с целью подтверждения безопасности здоровью населения при установлении размеров санитарно-защитных зон промышленных предприятий и иных объектов». Однако автор отмечает существующие в настоящее время проблемы использования управленческих свойств риска «... отсутствуют условия и механизмы для реализации данной методологии в полной мере, особенно с учетом открывающихся возможностей и преимуществ ее применения для оптимизации управленческих процессов на муниципальном, городском, региональном и федеральном уровнях».

В подтверждении вышесказанному, справедливо мнение Бобковой Т.Е.

(2009), что безопасность проживания населения промышленных городов староосвоенных регионов обеспечивается организацией СЗЗ, то есть «...в условиях дефицита свободных территорий или наличия сложившейся жилой застройки нередко сокращаются требуемые в соответствии с санитарной классификацией размеры СЗЗ». Также достаточно убедительно автор приводит управленческое свойство риска, как инструмента управления с возможностью учитывать зависимость «затраты-эффективность»: «...Важным аргументом в пользу использования методологии оценки риска являются возможность разработки наиболее оптимальных регулирующих действий при наименьших затратах, выбор наиболее эффективных мер по обеспечению безопасности для здоровья населения на прилегающих к промышленным комплексам территориях» (Бобкова, 2009). Новые положения Градостроительного кодекса позволили актуализировать вопросы градостроительного нормирования, в первую очередь это касается функционально-планировочных образований или организации функциональных зон с особыми требованиями их использования.

В своих исследованиях, Бобкова Т.Е. (2011) отмечает, что «...Соблюдение принципов функционального зонирования является основой градостроительства на территориях различного уровня административного деления». Размеры и назначение функционально-планировочных образований должны определяться в рамках Генеральных планов развития городских территорий, причем в обязательном порядке следует учитывать медико-экологическое состояние окружающей среды и геоэкологические особенности территории. Это подтверждает многолетний опыт Бобковой Т.Е., как руководителя отдела надзора при проектировании и строительстве, Управления Роспотребнадзора по г. Москве (2011), «...Особое внимание при разработке проектной документации на всех стадиях градостроительного проектирования должно быть уделено оценке состояния и прогнозу изменения качества атмосферного воздуха в результате реализации проектных решений путем расчетов уровней загрязнения атмосферы от совокупности всех видов источников загрязнения с учетом рельефа,

планировочной организации и микроклиматических условий территории, включая аэрационный режим». Автор выделяет важную проблему использования в организации функционально-планировочных образований единственного нормативного критерия, который должен обеспечивать безопасность здоровью населения – максимально разовая предельно допустимая концентрация, «...Согласно ОНД-86 рассчитывается верхний 98–99% квантиль функции распределения максимальных концентраций за 20–30-минутный период осреднения. Поэтому их (максимально разовые предельно допустимые концентрации) нельзя использовать для оценки экспозиции за счет концентраций при длительном воздействии, в частности среднегодовых, без которых невозможна оценка риска развития хронических эффектов, в том числе отдаленных последствий». Это существенно снижает методические возможности российской модели рассеивания «Эколог», реализующей ОНД-86, которая не позволяет проанализировать наиболее значимые хронические воздействия загрязнителей и выполнить прогнозные оценки.

Ведущие специалисты ФГБУ «Научно-исследовательского института экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» Росздрава (Новиков С.М., Шашиша Т.А., Скворцова Н.С., 2013), а также ряд других ученых показывают, что количественные критерии оценки риска здоровью населения в большинстве случаев устанавливаются на уровне верхней доверительной границы риска, тем самым обеспечивается значительный запас надежности показателя, «...обоснование показателей, используемых для оценки риска, осуществляется на основе новейших и наиболее достоверных данных о влиянии вредных факторов окружающей среды на здоровье человека, при этом преимущественное значение имеют показатели, полученные на людях, и особенно результаты корректно проведенных эпидемиологических исследований».

Количественные критерии оценки риска здоровью населения позволяют надежно обосновать использование той или иной городской территории с учетом безопасности здоровью населения. Также четко определены возможности

«...использования территорий под конкретные цели необходимо проведение специальных исследований по оценке риска здоровью с учетом всесторонней оценки пространственно-временного распространения уровней загрязнения на основе определения разовых, среднесуточных и среднегодовых концентраций». С каждым годом, уже на протяжении полувека, методология оценки риска здоровью населения все больше закрепляет себя как управленческий инструмент (McClellan, 1999).

Как видно из результатов работ разных авторов, оценка риска характеризуется своей, индивидуальной достаточной универсальностью, где географический и геоэкологический компоненты играют одну из важных ролей. Однако как раз этим компонентам в гигиенических исследованиях по оценке риска уделяется крайне мало внимания.

Малышева А.Г. (1997) в своей работе «Закономерности трансформации органических соединений в окружающей среде» рассматривает проблему процессов трансформации химических токсикантов в окружающей среде под воздействием природных и техногенных факторов. Эти процессы практически не рассматриваются и не учитываются при выполнении исследований по оценке риска здоровью. По данным специалистов ФГБУ «Научно-исследовательского института экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» Росздрава (Рахманин, Малышева, 2013), которые изучали различные факторы окружающей среды, в первую очередь техногенно измененные, часто отмечается факт недоучета трансформированных соединений в выбросах превышающих гигиенические нормативы, «...пробы атмосферного воздуха, воды водных объектов, почвы представляют собой многокомпонентные смеси загрязняющих веществ и часто содержат неучтенные в технологических выбросах соединения в количествах, превышающих гигиенические нормативы» (Рахманин, Малышева, 2013).

Несколько ранее, Швыряевым И.А. (2006) выполнялись исследования по физико-химическим превращениям химических веществ в атмосферном воздухе в

рамках оценки экологического риска. В его диссертационной работе отмечалось отсутствие выполненных работ по трансформации химических веществ в атмосфере для снижения неопределенностей при анализе вклада отдельных факторов риска. Автор представил алгоритм оценки дополнительного риска от опасных веществ с учетом их физико-химического поведения в атмосфере, определил критерии выбора и параметры схем фотохимических реакций загрязняющих веществ при вычислении усредненных в течение года концентраций, учел конкретные метеорологические условия при оценке хронических негативных эффектов.

Натурные исследования выбросов индивидуальных для предприятий химических токсикантов, которые выполняются в ходе производственного контроля или в рамках программы наблюдения за атмосферным воздухом на границе санитарно-защитных зон и в жилой застройке чаще показывают нормативные значения, что в ряде случаев может исказить реальную картину экологического состояния окружающей среды.

Рахманин Ю.А. и др. (2013) отмечает, что «... остается неучтенным тот факт, что при трансформации веществ можно получить новый букет загрязнений, среди которых возможно присутствие более токсичных и опасных, чем исходные, соединений в концентрациях, превышающих ПДК». Также авторы в своих исследованиях установили, «...что при воздействии деструктирующих природных (озона, УФ-излучения, оксидов азота, температуры, влажности и др.) и техногенных (под воздействием новых, в том числе природоохранных технологий) факторов в воздухе из одного вещества, например бензола, толуола, фенола, пентена и др., возможно образование до 20 и более продуктов трансформации...».

В большинстве случаев система экологического контроля и мониторинга обходит приоритетные токсические соединения, ориентируясь главным образом на стандартный перечень контролируемых веществ, чаще обладающих малой токсической активностью. Рассматривая приоритетность факторов окружающей

среды в части вкладов в рисковую нагрузку, следует отметить, что ведущим объектом окружающей среды, с которым связана значительная часть всех рисков здоровью (канцерогенных и неканцерогенных) принадлежит атмосферному воздуху (Рахманин, Новиков, Шашина, 2007). Загрязнение атмосферного воздуха выражается мощным и постоянным фактором воздействия техносферы на различные системы организма человека (Лежкин, Коньшина, Сергеева, 2014). Авторы со ссылкой на ранее проведенные исследования (Новиков, Шашина, Сотмари-Реваи, 2002) определили наиболее значимые химические токсиканты промышленных предприятий и выбросов автотранспорта, к ним относятся: 1,3-бутадиен, диоксид азота, бензол, медь, никель, взвешенные вещества (PM10), свинец, диоксид серы, формальдегид, кроме этого списка, приоритетными для автотранспорта они считают следующие загрязнители: акролеин, ацетальдегид, бенз/а/пирен, кадмий, стирол (Новиков, Шашина, Сотмари-Реваи, 2002). Также актуальность влияния атмосферы на здоровье среды и населения доказана на международном уровне. Так, в работе специалистов Европейского регионального бюро ВОЗ, Европейского центра по окружающей среде и охране здоровья, а также специалистов Бюро ВОЗ на Украине (Основные выводы..., 2013) представлено, что «...загрязнение воздуха является одной из важнейших детерминант, определяющих здоровье. Широкий спектр негативных воздействий загрязненного атмосферного воздуха на здоровье был доказан в ряде исследований, проведенных в различных частях земного шара», «...формирующееся бремя болезней даже при относительно низких концентрациях загрязнения воздуха значительно, с целью уменьшения рисков для здоровья необходимо наладить эффективное управление качеством воздуха, направленное на достижение уровней, рекомендованных РКВ ВОЗ» (Основные выводы..., 2013).

Европейской комиссией 2013 год был объявлен «Годом воздуха», в связи с этим Европейское региональное бюро ВОЗ выполнило два больших научных проекта, полностью поддержанное Европейским союзом: «Evidence on health aspects of air pollution to review EU policies – REVIHAAP» и «Health Risks of Air

pollution in Europe – HRAPIE». Проекты завершились в 2013 г., они содержат рекомендации по медико-экологическим направлениям загрязнения воздуха и анализа политики Европейского союза в части качества воздуха. Результаты данных проектов могут быть использованы для разработки эффективных стратегий снижения загрязнения воздуха и влияния химических токсикантов – аэрополлютантов на здоровье населения. Исследования REVIHAAP и HRAPIE расширяют спектр деятельности ВОЗ, в рамках Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, включая Россию. Как следует из работы (Основные выводы..., 2013) дальнейшее «...поступление работ HRAPIE имеют целью документирование возникающих вопросов о рисках для здоровья вследствие загрязнения воздуха, связанных с конкретными категориями источников (например транспорт, сжигание биомассы, металлургия, нефтепереработка, производство электроэнергии), конкретных газообразных загрязняющих веществ или специфических компонентов РМ...), также авторы отмечают, что будут «...выявлены значения зависимости концентрация-ответ, которые должны быть включены в анализ затрат и выгод».

В ряде работ особое внимание уделялось эколого-географическим, природно-климатическим факторам при построении модели комплексной оценки степени напряженности санитарной ситуации на отдельных территориях и поиска зависимостей между экологическими факторами и здоровьем населения (Росоловский, 2008). Географическим и геоэкологическим факторам уделялось большое значение в диссертационной работе Шаповалова А.Е. (2008), где изучались медико-географические методы для оценки риска влияния загрязненных подземных вод на здоровье населения. При этом для выделения приоритетных территорий использовалась сокращенная процедура оценки риска, ограничивающаяся этапом «идентификации опасности». Учет климатических факторов, является важным элементом в оценках экспозиции и формировании сценариев воздействия. В работах Hambling T, Weinstein P, Slaney D (2011) показаны подходы разработки показателей санитарного состояния среды

обитания с использованием климатических факторов. Как показывает наш опыт, такая экспресс оценка показывает высокую эффективность в расстановке приоритетов в принятии решений по реализации природоохранных мероприятий, а также приоритезации ведущих объектов-загрязнителей для лиц, принимающих решения по регулированию качества окружающей среды, с целью дальнейшей идентификации различных вариаций экономически эффективных стратегий минимизации риска здоровью.

Развитие медицинской географии и в частности развитие работ, связанных с изучением экологических связей с заболеваемостью, можно наблюдать начиная с работ Заболотного Д.К. (1920-1930-е гг.), Авцына А.П. (1972), Марковина А.П. (1960-е гг.), Шошина А.А. (1962), Прохорова Б.Б. (1968), Райха Е.Л (1984).

Важное значение для медико-географической оценки является взаимодействие смежных дисциплин и научных подходов, направленных на изучение возможных негативных воздействий деятельности человека на окружающую среду и прогнозирование состояния природно-антропогенных комплексов. Данные исследования интенсивно развивались с начала 1990-х гг. такими известными русскими учеными, как Котляков В.М., Кочуров Б.И., Тишков А.А., Прохоров Б.Б. и другие, а также зарубежными учеными Lawson A, Kulldorff M, Maantay JA, Charabarty J, Brender JD, McLafferty S, O'Neill MS, Jerrett M., Kawachi I, Levy JJ, Cohen AJ., Gouveia N, Wilkinson P, Fletcher T, Cifuentes L, Schwarz J и др.

Исследования в области оценок существующих и возможных рисков, оказывающих влияние на безопасность жизнедеятельности населения, выполненные Тишковым А.А., имеют интересные предложения по индикаторам и индексам, характеризующим безопасность жизнедеятельности населения Российской Федерации в сфере глобальной экологии и экологической безопасности. В отдельном направлении работ, где прорабатываются вопросы рисков и ущербов для жизни и здоровья населения, а также окружающей среды, Тишковым А.А. показано новое видение структуризации угроз чрезвычайных

ситуаций, направленных на стратегическое прогнозирование в сфере безопасной жизнедеятельности и определении природы чрезвычайных ситуаций (Тишков, 2015; Тишков, Вайсфельд, Масляков, 2008). Также следует отметить, что элементы рискованных подходов наблюдаются и в биогеографических исследованиях, в первую очередь это касается последствий протекания процессов антропогенной трансформации, а также возможности биогеографического прогнозирования. Одним из ключевых процессов окружающей среды, влияющим на биоразнообразие, как отмечает Тишков А.А. (2012), является изменение химизма среды обитания.

Важным направлением в методологии оценки риска является эколого-геохимический анализ рисков, развиваемый Сагателяном А.К., Саакяном Л.В., Беляевой О.А., Тепаносяном Г.О., Пипояном Д.А., Микаеляном М.Г., Геворкяном В.Ш., Аревшатыаном С.Г. и другими. Авторами проведена крупномасштабная работа по эколого-геохимической оценке основных компонентов окружающей среды, а также эколого-токсикологической оценке сельскохозяйственной продукции, выращиваемой на территории рекультивированных хвостохранилищ. При этом оценка экспозиции загрязнителей осуществлялась по всем элементам пищевой цепи, что позволило рассмотреть весь миграционный путь химических токсикантов. Несомненно, данное научное направление требует дальнейшего развития и показывает перспективность (Эколого-геохимический анализ..., 2010; Эколого-геохимическая оценка..., 2008; Medical Geology..., 2010).

Для типизации эколого-социально-экономической обстановки на территории по степени напряженности и экономическим возможностям, Фоменко Г.А. предложен подход к использованию территориальных показателей здоровья (Фоменко, 1993).

Значительный вклад в изучение современных медико-географических проблем внесла Малхазова С.М., которая в своих исследованиях очень подробно рассматривает вопросы картографирования отношений и возможных связей

между состоянием здоровья населения и особенностями географической среды. Важными направлениями в исследовательской работе Малхазовой С.М. являются медико-географическая оценка ландшафтов, медико-экологический мониторинг, оценки окружающей среды, прогнозирование последствий для здоровья от антропогенных воздействий и другие. Одной из главных методологических особенностей медико-географического исследования «...служит презумпция медико-экологической опасности». В практическом значении такой подход «...реализуется в использовании показателей здоровья как критерия качества окружающей среды...» (Малхазова, 2001; Малхазова, Королева, 2011). Следует отметить, что в 2015 г. вышел в свет первый в России медико-географический атлас, посвященный природноочаговым болезням. Данный труд, подготовленный группой ученых географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова под руководством Малхазовой С.М., направлен на повышение информированности в части оценки эпидемической опасности природных экосистем, а также на оценку приоритетности очаговых территорий и разработку оздоравливающих мероприятий для предотвращения массовых заболеваний (Природноочаговые болезни..., 2015).

Значительный вклад в картографирование, математико-картографическое моделирование медико-географических, социально-экономических и других данных внес Тикунов В.С. (1997, 1999). Из зарубежных авторов методам дистанционного зондирования для медико-географического картографирования посвящены работы Vine MF, Degnan D, Hanchette C (1997), Tran A, Gardon J, Weber S, Polidori L (2002) и др. Одной из приоритетных геоэкологических задач, по мнению Хорпяковой Т.В. (2013) является «...оптимизация системы мониторинга уровня загрязнения воздушной среды урбанизированных территорий и обоснование мероприятий по обеспечению экологической безопасности населения в условиях воздействия выбросов от промышленных источников и автотранспорта». В связи с чем, автор в своем исследовании поставил ряд актуальных задач, направленных на достижение цели

геоэкологического обоснования региональной системы мониторинга за атмосферным воздухом с оценкой риска здоровью городского населения. В основу работы были заложены мониторинговые исследования за состоянием атмосферного воздуха, стандартных этапов оценки риска здоровью, анализа заболеваемости и поиска корреляционных связей.

Медико-географические подходы к оценке проблемных территорий находят свое отражение в исследованиях, посвященных медико-географическому районированию. Основным исследовательским инструментарием является картографический (включая сопряженный анализ тематических карт), статистический (корреляционно-регрессионный анализ), а также возможности ГИС-инструментов (Шкуринский, 2014). Следует отметить, что современные требования Системы сертификации органов по оценке риска здоровью диктуют проведение географических, медико-географических и геоэкологических исследований территорий до проработки вопросов количественной оценки риска здоровью. Анализ ряда отчетов гигиенических исследований по оценке риска здоровью населения показывает, что многие авторы полностью игнорируют вопросы оценки состояния физической среды, в том объеме, что требуют методические указания и руководства. Результаты таких работ утяжеляют результаты исследований неопределенностями и ставят под сомнения истинные экспозиционные и рискованные нагрузки. Что касается исследований, выполненных с использованием медико-географических подходов оценки риска в Ярославской области (не считая работ выполненных сертифицированным Органом по оценке риска здоровью населения института «Кадастр», как научной базы для настоящей работы), то анализ имеющихся источников позволил сделать вывод об отсутствии аналогичных работ. Имеется единичное диссертационное исследование Боевой И.В., в котором рассмотрена характеристика производства табачных изделий г. Ярославля, являющегося источником зонального загрязнения атмосферного воздуха веществами, обладающими специфическим запахом с последующей оценкой его влияния на состояние здоровья детского населения с

обоснованием оздоровительных мероприятий (Баева, 2007). Рядом работ были освещены вопросы пространственной особенности экозависимых заболеваний на территории Ярославской области с учетом возрастных характеристик населения, при этом в качестве индикаторной патологии была предложена заболеваемость злокачественными новообразованиями, так как они «...являются экологически индикаторной патологией, высокоинформативным и социально значимым показателем состояния здоровья популяции в целом» (Синицын, 2011; Заридзе, 2000). В другой работе рассмотрены региональные особенности заболеваемости злокачественными новообразованиями, как индикатора состояния окружающей среды. В ней представлено пространственное распределение заболеваемости, проранжированы районы Ярославской области по показателю общей заболеваемости опухолевой патологией (Синицын, Вдовина, 2013). Еще ряд работ посвящен влиянию факторов окружающей среды на заболеваемость, в частности были выполнены оценки сезонных колебаний частоты развития инсультов в зимний и летний периоды (Пизов, Дружинин, Пизова, 2013), в другой работе на примере исследования динамики развития инсультов был выполнен поиск зависимостей от комплекса природных и антропогенных факторов окружающей среды (Пизов, Прозоровская, Пизова, 2013). Однако данные исследования ориентированы в первую очередь на медико-статистические показатели, опирающиеся на число заболеваний, их распространенность и структуру, что не позволяет в полной мере рассмотреть прогностические характеристики и оценить медико-экологические нагрузки, включая хроническую экспозицию загрязняющих веществ.

В методологическом плане процедура оценки риска здоровью населения (Human Health Risk Assessment) продиктована положениями «Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферу», а также Методических рекомендаций ЦОС 001-13¹²,

¹² Методические рекомендации ЦОС 001-13. Порядок проведения сертификации организаций в Системе добровольной сертификации органов по оценке риска здоровью населения 20 марта 2013 г.

которыми предусмотрен комплекс взаимосвязанных отдельных исследований: идентификация опасности (hazard identification), оценка зависимости «доза-ответ» (evaluation of dependence «dose-response»), оценка экспозиции (exposure assessment), характеристика риска (risk characterization), оценка неопределенности (assessment uncertainty), управление риском (risk management).

Ключевым моментом в исследованиях по оценке риска является разработка концептуальной модели территории. Концептуальная модель территории является основой для формирования предварительных сценариев воздействия, характеризующих временные и пространственные параметры воздействия потенциально опасных химических веществ. Модель территории представляет собой графическое или описательное представление возможных взаимосвязей между источниками загрязнения окружающей среды, маршрутами воздействия (первично загрязняемыми средами, транспортирующими, накапливающими или трансформирующими химические вещества средами, воздействующими на человека средами, путями возможного поступления химических соединений из воздействующих сред) и экспонируемыми группами населения (Руководство..., 2004). Предварительные сценарии исследования позволяют определиться с конкретными задачами, которые необходимо решить, чтобы достичь цели исследовательской работы. Следует отметить, что в зависимости от полученных данных результатов оценки риска сценарии могут корректироваться.

Зарубежный подход к оценке риска часто предполагает два варианта: это так называемая теоретическая оценка, в которой рассматриваются наихудшие гипотетические варианты сценариев, воздействий и фактическая оценка, которая рассматривает реальную сложившуюся ситуацию (Making Risk Assessment..., 2013).

Завершающий этап процедуры оценки риска позволяет применить квалитетрический подход к оценке возможных негативных последствий от факторов окружающей среды. При этом рассматриваются все возможные факторы неопределенности, которые способны повлиять на надежность

расчетных данных. Полученная информация направляется специалистам, участвующим в разработке мероприятий по минимизации рисковых нагрузок.

Следует отметить, что вопросы управления риском стали наиболее актуальными в мировом научном сообществе, необходимо усиливать связь диалога между менеджерами рисков и административным аппаратом. Так как очевидно, что смысл оценки степени риска полностью теряется, если нет связи с управлением (Making Risk Assessment..., 2013).

Разделение методологий оценок риска здоровью населения и экологического риска, наблюдается как в России, так и за рубежом, однако, как считают зарубежные коллеги, процедуру оценок риска в последующие годы будут ждать существенные изменения. «Дорожные карты» этих изменений будут иметь четкое разграничение как в терминологическом аппарате, так и методологическом плане. Особое внимание, с целью улучшения методики экологического риска, уделяется оценке возможных изменений химических веществ во времени и пространстве, улучшению моделей для исследования уязвимости водных экосистем и экосистем суши к воздействию химических агентов вызывающих экологический стресс, изучению различных взаимодействий токсикантов с другими факторами окружающей среды и др. Для оценки риска здоровью зарубежные авторы представляют следующие приоритетные направления улучшения методологии: трансгрессия в идентификации опасности и использование биомаркеров, широкое использование инструментальных методов исследования загрязнений в моделировании внешней и внутренней среды, замена испытаний на животных в лабораторных условиях исследованиями воздействий на тканях, внедрение гистохимических методов на этапе оценки зависимости «доза-ответ» и разработка новых процедур оценки риска. (Addressing the New..., 2013; Rules of procedure..., 2013).

Область применения оценки риска здоровью имеет достаточно широкий спектр в разных областях научных знаний и практических возможностях. Согласно Руководству по оценке риска для здоровья населения при воздействии

химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920-04 (2004) основными возможностями оценки риска в части территориального управления являются:

- обоснование приоритетных мероприятий в планах действий по охране окружающей среды и оценки их эффективности;
- разработка технических регламентов;
- ранжирование территорий по уровням загрязнения окружающей среды в связи с его опасностью для здоровья на любом уровне административного деления страны;
- экономический анализ различных вариантов и способов управления риском (оценка «затраты – эффективность», «ущерб – выгода»);
- оценка эффективности различных вариантов природоохранных и профилактических мероприятий;
- определение зон санитарной охраны, санитарно-защитных зон.

В целом, прикладной характер оценки риска, с точки зрения его эколого-географических возможностей, выражается в дифференцированном территориальном анализе пространства рисков здоровью, при котором становится настоятельной потребностью определения типов рискогенного пространства и его динамических характеристик. Основным аналитическим инструментом для этих целей является медико-географическое и эколого-географическое картографирование.

1.4. Анализ методологических подходов оценки риска здоровью в России и за рубежом

Российский и зарубежный опыт оценки риска здоровью населения показывает, что принципы и методы оценки воздействия химических токсикантов от промышленных выбросов, в том числе от техногенных образований и отходов, не являющихся канцерогенами, в различных странах практически одинаковы (Россия, США, страны ЕС, ВЕКЦА и др.). Наряду с этим следует отметить и определенные различия в подходах к оценке риска от воздействия химических

канцерогенов, которые прослеживаются не только между странами, но и порождаются определенными различиями в подходах регулирующих и контролирующих организаций. В значительной мере это обусловлено тем, что оценка неканцерогенного риска к настоящему времени получила более проработанное научное обоснование и практический задел; она более последовательна и имеет лучшее понимание токсикокинетики и токсикодинамики загрязнителей, чем оценка воздействия химических канцерогенов.

Для химических неканцерогенов, с целью снятия токсикологических барьеров, были введены экспериментально разработанные показатели безопасности. Рекомендуемые или регулируемые предельно допустимые уровни негативного воздействия для человека содержат некоторую часть уровней воздействий на животных, что отражается в зарубежных методиках как отсутствие негативного эффекта *No observed adverse effect level* (NOAEL) или наименьший наблюдаемый негативный эффект *lowest-observed-adverse-effect level* (LOAEL). Зарубежная классификация химических веществ, основанная на предположении об адекватных доказательствах канцерогенности у животных и человека, при наличии эпидемиологических данных, играет ключевую роль в определении зависимости здоровья населения от качества окружающей среды. Очень важно в оценке риска здоровью делать разграничение генотоксичности и негенотоксичности канцерогенных загрязнителей. Географические различия генотоксичности и негенотоксичности канцерогенов представлены в работе Sees A. van der Heijden (2000). По мнению автора, Европейский союз и многие входящие в него страны, включая Великобританию, Нидерланды и Данию, разграничивают канцерогены, являющиеся генотоксичными, и канцерогены, которые, вызывают опухоли с помощью негенотоксичных механизмов. Именно Агентством США по охране окружающей среды (EPA) доказано, что любое воздействие химического канцерогена обязательно связано с возникновением рискованной ситуации. Это исходит из предположений об отсутствии пороговых значений для всех канцерогенов. Схема классификации канцерогенов,

разработанная МАИР, не предназначена для регулирующих целей, хотя и использовалась для разработки руководств по регулированию загрязняющих веществ. Схема, разработанная ЕРА, была задумана как отправная точка для количественной оценки риска, а схема ЕС в настоящее время используется для выбора символа (классификации) опасности и обозначения риска на маркировке химического вещества.

В отечественной практике оценки риска в качестве критерия безопасности для здоровья кратковременного химического загрязнения окружающей среды предлагается использовать предельно допустимые концентрации (ПДК) для коротких периодов осреднения по времени, максимально допустимые концентрации (МДК) и аварийные пределы воздействия (АПВ). По данным С.Л. Авалиани, для обоснования российских безопасных уровней кратковременного воздействия атмосферных загрязнителей с учетом оценки непосредственного влияния на состояние здоровья, в первую очередь, необходимо провести сопоставление существующих российских, зарубежных и международных референтных величин с использованием всех имеющихся источников информации, анализа первичных токсикологических данных с определением их полноты, достоверности и надежности (Авалиани, 2011).

В международной практике безопасные уровни острого воздействия устанавливаются дифференцированно в зависимости от условий их применения и защищаемого контингента. Для выбора средств респираторной защиты, работающих от аварийного 30-ти минутного производственного воздействия, используется уровень, непосредственно опасный для жизни и здоровья (IDLH), устанавливаемый Национальным институтом профессиональной безопасности и здоровья (NIOSH). Для военнослужащих разработаны: предел аварийного воздействия (EEL), рекомендуемый уровень аварийного воздействия (EEGL), позволяющие проводить оценку опасности загрязнения воздуха военной техники при аварийном воздействии веществ в течение 10-30 минут, 1 часа, 24 часов, а также предел непрерывного воздействия (CEL), предназначенный для предупреждения неблагоприятных немедленных или отсроченных вредных

эффектов при непрерывном 90-суточном воздействии химических веществ. Данные критерии риска разработаны Национальным Советом Исследований Национальной Академии Наук (NRC NAS) США. Министерством обороны США для защиты военнослужащих в чрезвычайных ситуациях разработаны рекомендуемые уровни для краткосрочных воздействий (MAGs). В публикациях Национального исследовательского совета (NRC) и Национального аэрокосмического агентства (NASA) приведены максимальные уровни аварийного воздействия для космических кораблей (SMAC). Для оценки возможного риска для работающих и населения, проживающего вблизи промышленных объектов, Американской Ассоциацией Промышленных Гигиенистов (AИHA) разработаны критерии для планирования действий в аварийных ситуациях (ERPG). Величины ERPG предназначены для оценки часовых экспозиций и дифференцированы с учетом ожидаемой тяжести неблагоприятных последствий для здоровья человека. При отсутствии ERPG рекомендовано использовать временные ориентировочные величины (TEEL), устанавливаемые для 4 градаций эффекта (TEEL₀-TEEL₃) при пятнадцатиминутном аварийном воздействии.

В последние годы Агентством по охране окружающей среды США (U.S. EPA) разрабатываются рекомендуемые безопасные уровни для острых воздействий на население (AEGL), дифференцированные по продолжительности воздействия и по трем категориям тяжести возможных неблагоприятных эффектов. Рекомендуемые безопасные уровни для оценки кратковременных аварийных воздействий на население (SPEGL) устанавливаются также Национальной Академией Наук (NAS) США. Общая сводка показателей, используемых для оценки риска при острых воздействиях, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Количественные критерии оценки риска при острых воздействиях химических веществ

Критерий	Группа населения	Эффекты	Разработчик
IDLH	Рабочие	Опасность для жизни и здоровья	NIOSH
ERPG 1-3	Здоровые лица	Эффекты разной степени тяжести	AИHA
TEEL 0-3	Здоровые лица	Эффекты разной степени тяжести	US DOE

Критерий	Группа населения	Эффекты	Разработчик
EEGLs, EELs	Военнослужащие	Временные эффекты, не препятствующие выполнению заданий	NRC, AINA
MAGs 1-3	Военнослужащие	Эффекты разной степени тяжести	U.S. Army
SMAC	Летчики, космонавты	Слабые эффекты и дискомфорт	NASA, NRC
SPEGLs	Население, проживающее вблизи военных баз	Безопасная концентрация	NRC
LOC	Все население	Опасность для жизни и здоровья	U.S. EPA
AEGL 1-3	Все население	Эффекты разной степени тяжести	U.S. EPA, NRC
AREL	Чувствительные группы	Отсутствие вредных эффектов, возможны рефлекторные реакции	ОЕННА
MRLs	Чувствительные группы	Воздействие от 1 до 14 суток	ATSDR
AQI	Чувствительные группы	Индексы качества воздуха, отражающие широкий диапазон вредных эффектов	U.S. EPA
Alert Threshold	—	Категории качества воздуха	ЕС, Англия
Индексы качества	—	От 4 до 7 категорий качества воздуха	Различные страны

Результаты сводного анализа применяемых подходов к оценке объектов загрязнения с позиции их негативного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье населения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ имеющихся применяемых подходов к оценке объектов контрольных мероприятий

Факторы оценки	Подходы					
	Идентификация и оценка горячих экологических точек (Республика Беларусь)	Методологические принципы выбора экологических «горячих точек» (Баренцев регион)	Методы оценки риска при контроле загрязнения воздуха на местном уровне в Великобритании (OPRA)	Реабилитация экологических «горячих точек». Опыт Чешской Республики	Методика оценки воздействия производственного объекта на окружающую среду (Компания COWI, Дания)	Оценка воздействия на здоровье. Руководство для городов
Экологический	+	+	+	+	+	+
Экономический	—	—	—	+	—	—
Социальный	—	—	+	—	—	+

Результаты анализа подходов к оценке риска экологической безопасности при утилизации техногенных образований и отходов имеют достаточную проработку в большинстве стран ОЭСР, ряде стран СНГ (Беларусь, Украина и др.). Однако на сегодняшний день нет единой унифицированной методики. В общем виде процедуры оценки и ранжирования объектов по величине рисков здоровью включают в себя определение цели и задач, сбор информации, критериальный анализ, расчет весовых коэффициентов, бальную оценку и ранжирование на этой основе оцениваемых загрязняющих агентов, либо объектов загрязнения среды обитания. Нарботанные методические экспертные приемы оценки рисков для принятия на этой основе рациональных, взвешенных и обоснованных решений используются с целью снижения количества экологически опасных объектов. Имеющиеся на сегодняшний день методики используют качественные оценки, в меньшей количественные, используются также показатели риска. В основе методик лежат три группы факторов оценки: экологический, экономический и социальный. При этом экологические факторы являются приоритетными и имеют наибольшую теоретическую и практическую проработку. Экономические и социальные факторы учитываются в меньшей степени. Одновременно с этим рядом методологических подходов в качестве ключевой позиции рассматривается комплексная оценка экологического воздействия, которая базируется на методологии рисков здоровью (таблица 2).

Отдельного внимания заслуживает оценка выбора математических моделей рассеивания загрязняющих веществ, необходимых для расчетов рисков здоровью населения. Адекватно выбранная модель в исследованиях по оценке риска позволяет выполнить полноценный расчет и оценить экспозиционную нагрузку в любой точке исследуемой территории. В настоящее время существует большое количество моделей атмосферной дисперсии, которые позволяют рассчитывать приземные концентрации загрязнений воздуха в районах действия стационарных и передвижных источников. Всего насчитывается около 120 моделей различного уровня сложности и назначения, из наиболее известных можно выделить

следующие: ISC (США), ADMS (Англия), AERMOD (Канада, США), MARS (Греция), DISPERION21 (Швеция), EURAD (Германия), MERCURE (Франция), MILORD (Италия), SLP-2D (Испания), OPS (Нидерланды) и др. Некоторые из них являются законодательно закрепленными как регулирующие (нормативные), другие носят научно-исследовательский характер. Как показывает научный поиск существующих моделей атмосферной дисперсии в глобальной сети Internet, выполненный Киселевым А.В., было найдено более 90 моделей, наиболее применимых в работах по оценке экспозиции (таблица 3). Результаты обзора имеющихся расчетных моделей показывают, что практически все разработанные программные продукты, реализующие различные модели дисперсии, являются зарубежными. В России используется единственная модель, реализующая ОНД-86 (выделена цветом). Следует отметить, что данная модель предназначена для расчета полей максимальной концентрации загрязняющих атмосферный воздух веществ при неблагоприятных метеоусловиях. Это нормативная российская методика используется в различных областях санитарно-гигиенических и экологических исследований, однако результаты моделирования по ОНД-86, в современных международных представлениях результатов оценки экспозиции, не достаточно полно раскрывают экспозиционную нагрузку и не позволяют сделать прогнозные оценки, поскольку используются только максимальные концентрации и ограниченный набор метеорологических показателей.

Таблица 3 – Типичные модели рассеивания токсикантов в свободной атмосфере (с использованием данных Киселева А.В.)

Наименование модели атмосферной дисперсии	Общая характеристика модели
BUO-FMI	Реализация гауссовой модели и градиентной К-модели (одномерная модель)
GASTAR Dense Gas Dispersion Model	Моделирование эволюции облака при его рассеивания (одномерная модель)
DISPLAY-2	Двухмерная модель приземного слоя
United Kingdom Photochemical Trajectory Model	Двухслойная траекторная модель
PolluMap	Двумерная эмпирическая модель для оценки загрязнения воздуха
TROPOS Version D	Двумерная эйлерова модель для химических источников

Наименование модели атмосферной дисперсии	Общая характеристика модели
AIPOC	Статистическая модель, описывающая временное изменение концентрации примеси (боксовая стохастическая модель)
AEROPOL	Гауссова модель, основанная на классификации Пэскуила
EK100W	Трехмерная гауссова модель
PLUME	Гауссова модель факела от источника
SPRAY	Стохастическая лагранжева модель распространения примеси
ISC3 (Industrial Source Complex Model)	Модель промышленных выбросов с двумя вариантами: ISCLT3 – оценка долгопериодного осреднения; ISCST3 – оценка краткосрочного воздействия
Эколог	Нормативная методика ОНД-86
Атмосфера-расчет	Модель гауссова факела
ЭПК «Zone» (в настоящее время не функционирует)	Гидродинамическая модель. Трехмерная численная модель со стохастической моделью диффузии
LED	Объединенная модель лагранжевого факела с эйлеровым рассеянием примеси

Наиболее оптимальным вариантом модели в российских условиях следует отметить модель AERMOD (контрольная модель Агентства по охране окружающей среды США). На сегодняшний день AERMOD является одним из наиболее эффективных и современных средств моделирования рассеивания загрязняющих веществ, активно используется регулирующими органами во многих странах мира. Основным осложняющим фактором внедрения данной модели в российских условиях, является сложность получения и использования необходимой для расчетов метеорологической информации и отсутствие нормативного статуса для данной модели. Рядом авторитетных российских ученых – ведущих специалистов в области оценки риска, отмечена необходимость интеграции AERMOD в российскую практику, разработки способов практического использования метеорологических параметров для данной модели, а также оптимизации отечественной модели «Эколог-средние» с учетом методологического подхода реализующего AERMOD (Актуальные проблемы совершенствования..., 2013).

В целом, решение экологических проблем в большинстве ведущих стран мира и в международных организациях связывают с разработкой и внедрением

методологических приемов оценки экспозиции и риска здоровью населения, которые позволяют использовать надежные количественные критерии для принятия решений в сфере правоприменения (Harmonized Integrated..., 2001; Risk Assessment Guidance..., 2001; Risk Assessment Principles..., 2004; Comparative quantification of..., 2004; Обеспечение соблюдения..., 2004). Методологию оценки риска, базирующуюся на комплексном, интегральном учете совокупности эколого-географических факторов, следует признать, безусловно, актуальной. Результаты оценок могут объективно показывать эффективность формирования и использования государственных средств на природоохранные расходы и для выполнения надзорных мероприятий.

Концепция оценки риска здоровью опирается на критерии доказанности таких научных направлений как доказательная экология, эпидемиология, токсикология, гигиена и других. На международном уровне к основным принципам построения методологических подходов оценки риска относят: транспарентность, ясность, последовательность, разумность и научная доказанность. Учитывая данные принципы, процедура оценки риска должна представлять собой логические, полные и открытые исследовательские инструменты, применение которых должно соответствовать международно признанным руководящим документам. Результаты выполненных исследований должны быть доступными и понятными не только специалистам по оценке риска, но и лицам, принимающим решения. Все этапы процедуры оценки риска должны опираться на доказанность и экспериментально подтвержденные факты. Перечисленные позиции в полной мере отражаются в зарубежной практике оценки риска, что, к сожалению, не заметно в российских методических рекомендациях. Следует обратить внимание на результаты информационных исследований, выполненных группой ученых ФГБУ «Научно-исследовательского института экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина», которые показывают, что российская наука в области оценки риска совершенно не участвует в разработке и не утверждает доказательные подходы медико-

биологических дисциплин, что заметно, например, по количеству научных публикаций (0,33%) (таблица 4).

Таблица 4 – Число научных публикаций по запросам в поисковой системе Национальной медицинской библиотеки США (USA NLM)

Наименование ключевых слов	Число зарубежных публикаций	Число российских публикаций
Регуляторная токсикология, основанная на доказательствах	123	–
Риск для детей, пожилых лиц	316224	–
Наилучшие практики в оценке риска здоровью человека	80201	–
Оценка риска здоровью человека	Всего – 277769, США – 81268	928
Доказательная оценка риска здоровью	8064	–
Доказательная эпидемиология	4498	–
Доказательная токсикология	307	–

Источник: Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, С.Л. Авалиани [и др.] // Анализ риска здоровью. 2015. № 2(10). С. 4–11.

В то же время, за последнее десятилетие российская практика делала попытки формирования отечественной нормативно-методической базы в области оценки риска (рисунок 1). Следует подчеркнуть, что уже в 2005 г. методология оценки риска была введена в Российской Федерации на уровне государственного стандарта. В настоящее время актуализировались работы по разработке и формированию методической базы для выполнения работ по оценке риска для разных факторов окружающей среды. В 2012 г. Роспотребнадзором РФ было утверждено семь методических указаний по оценкам разнообразных рисков, однако данные методики лишены научной и практической доказанности используемых математических подходов, в них присутствует избыточная и необоснованная математизация (Рахманин, Новиков, Авалиани и др., 2015). Наиболее проработанным в методическом и практическом плане инструменте по оценке риска является оценка негативных воздействия по химическому загрязнению атмосферного воздуха (к этой сфере относится около 90% всех выполненных работ). В целом, можно сказать, что в Российской Федерации сложилась проработанная и обоснованная система законодательных и

нормативных правовых документов в сфере оценки риска экологической безопасности.



Рисунок 1 – Расширение сферы управления рисками здоровью в России

Но, несмотря на достаточно позитивные моменты в развитии данной научной области, существуют значительные препятствия в дальнейшей эволюции рискологической практики. По мнению Рахманина Ю.А., Новикова С.М., Авалиани С.Л., Синициной О.О., Шашиной Т.А. (Современные проблемы..., 2015), такие препятствия связаны с определенными негативными факторами развития научной области: тяжелая гармонизация принципов и методов гигиенического нормирования, отсутствие внедрения вероятностных пороговых доз и факторов весомости доказательств, отсутствие актуализации перечня референтных концентраций, снижение качества и практической значимости некоторых утвержденных методических рекомендаций по оценке риска, присутствие противоречивых методических подходов, отсутствие единого подхода к экономической оценке ущербов здоровью. Следует отметить, что кризисная ситуация касается и российского гигиенического нормирования, что в первую очередь требует «...коренного обновления методологии и практики отечественного гигиенического нормирования на основе оценки риска и углубленного критического анализа зарубежного опыта, включающего систему установления DNEL (Derived NoEffect Level) и DMEL (Derived Minimal Effect

Levels), которые приняты в международной системе REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals)» (Современные проблемы..., 2015).

Как показывает зарубежная и российская практика применения методологических подходов оценки риска, решение обозначенных ключевых проблем, как в методологическом плане, так и законодательном, позволит преодолевать достаточно большие препятствия в правоприменении результатов оценки риска и минимизировать возникающие неопределенности в оценочном процессе. Решение проблем позволит расширить практическое применение критериев приемлемого риска здоровью населения, в первую очередь направленных на поддержку управленческих решений в области охраны окружающей среды и здоровья населения России.

В целом, обзор литературных данных и анализ результатов ранее выполненных исследований свидетельствует о том, что положения и подходы к оценке риска здоровью населения имеют ежегодную актуализацию, как в теоретической, так и в практической части, являются научной основой процесса обоснования режимов использования территорий, оценки качества среды обитания. Особенно обострилось внимание к значимости данного вопроса в связи с новым этапом модернизации и переходом к «зеленой» экономике, что позволяет расширить взгляды на оценку эффективности природоохранных мероприятий на территории с точки зрения улучшения здоровья населения и минимизации рисков.

Мало изученным вопросом в России, в части применения риска в процессах оптимизации природопользованием, является то, что оценка риска – это перспективная и эффективная методология совершенствования экономического механизма природопользования. До настоящего времени в России не рассматривались вопросы динамики пространства риска здоровью, что очень важно для управленческих проблем современного города – зонирования городских территорий, их эффективного использования, т.е. учета долгосрочного прогноза (до 70 лет) здоровья среды обитания и населения – многокритериального индикатора. Совершенно очевидно, что рисковый показатель должен

рассматриваться на всей территории административного деления и, в первую очередь, в зоне жилой застройки. Использование количественных критериев оценки риска здоровью населения позволяет с гораздо большей степенью надежности обосновать возможность использования той или иной территории под конкретные цели и, в первую очередь, с целью выбора территории для жилой застройки и особенно детских дошкольных учреждений, школ, больниц и т.д. Для определения возможностей использования территорий под конкретные цели необходимо проводить специальные геоэкологические и медико-географические исследования по оценке риска здоровью с учетом всесторонней оценки географического распространения уровней загрязнения и риска на основе математического моделирования экспозиционных нагрузок. Стык научных подходов (геоэкология ↔ экономическая, социальная география ↔ медицинская география ↔ экологическая эпидемиология) к рискологическому управлению территориями определяется выбором приоритетов в снижении негативного воздействия на окружающую среду и население, то есть выбором оптимального приоритетного природоохранного мероприятия на конкретной территории с ее конкретным риск-статусом, что в первую очередь показывает необходимость учета отношений «затраты-выгода», «затраты-эффективность».

Таким образом, для решения данной проблемы, доказательства актуальности и целесообразности используемых методологических подходов, основывающихся на современных мировых разработках в части математического моделирования экспозиционных и рискованных нагрузок, их количественных оценок, рассмотрения новых подходов к изучению динамики пространства риска, оптимизации методов зонирования урбанизированных территорий, а также их типизацию с целью разработки подходов к принятию решений по территориальному развитию староосвоенных регионов (на примере Ярославской области), необходимо выполнить комплекс специальных исследований, что отражено в научной новизне работы, ее актуальности, а также составило цель и задачи данного диссертационного исследования.

Глава 2 Выбор и обоснование методов исследования

В ходе теоретической работы над диссертацией был изучен отечественный и зарубежный опыт возможного использования процедуры оценки риска здоровью населения в управлении городскими территориями и реализации геоэкологического подхода в принятии решений по территориальному развитию. Рассмотрены эколого-географические основы процедуры оценки риска. Обзор литературных источников показал, что постоянное возникновение рисков в развитии регионов и локальных территорий показывает необходимость в детальном изучении пространства и динамики рисков здоровью населения. В связи с этим была поставлена цель исследования и сформулированы задачи, решение которых позволит определить роль механизма оценки риска здоровью населения в процедурах геоэкологических исследований для реализации геоэкологического подхода в принятии решений по территориальному развитию староосвоенных регионов России. При этом была обозначена методологическая часть работы, которая включала в себя аналитические и сопоставительные методы исследований, методы математического моделирования и прогнозирования, картографический и статистический методы, токсикологический и эпидемиологический анализы. Визуализация результатов работы осуществлялась посредством интеграции данных вычислительного моделирования в геоинформационные системы с растровым представлением распространения цветокодированных экспозиционных и рискованных величин на изучаемой территории, проводились натурные наблюдения и исследования, а также регулярно актуализировался зарубежный и отечественный опыт.

Для решения задач диссертационной работы учитывая применяемые исследовательские подходы, была разработана концептуальная схема исследований, включающая два взаимодополняющих друг друга блока (рисунок 2).

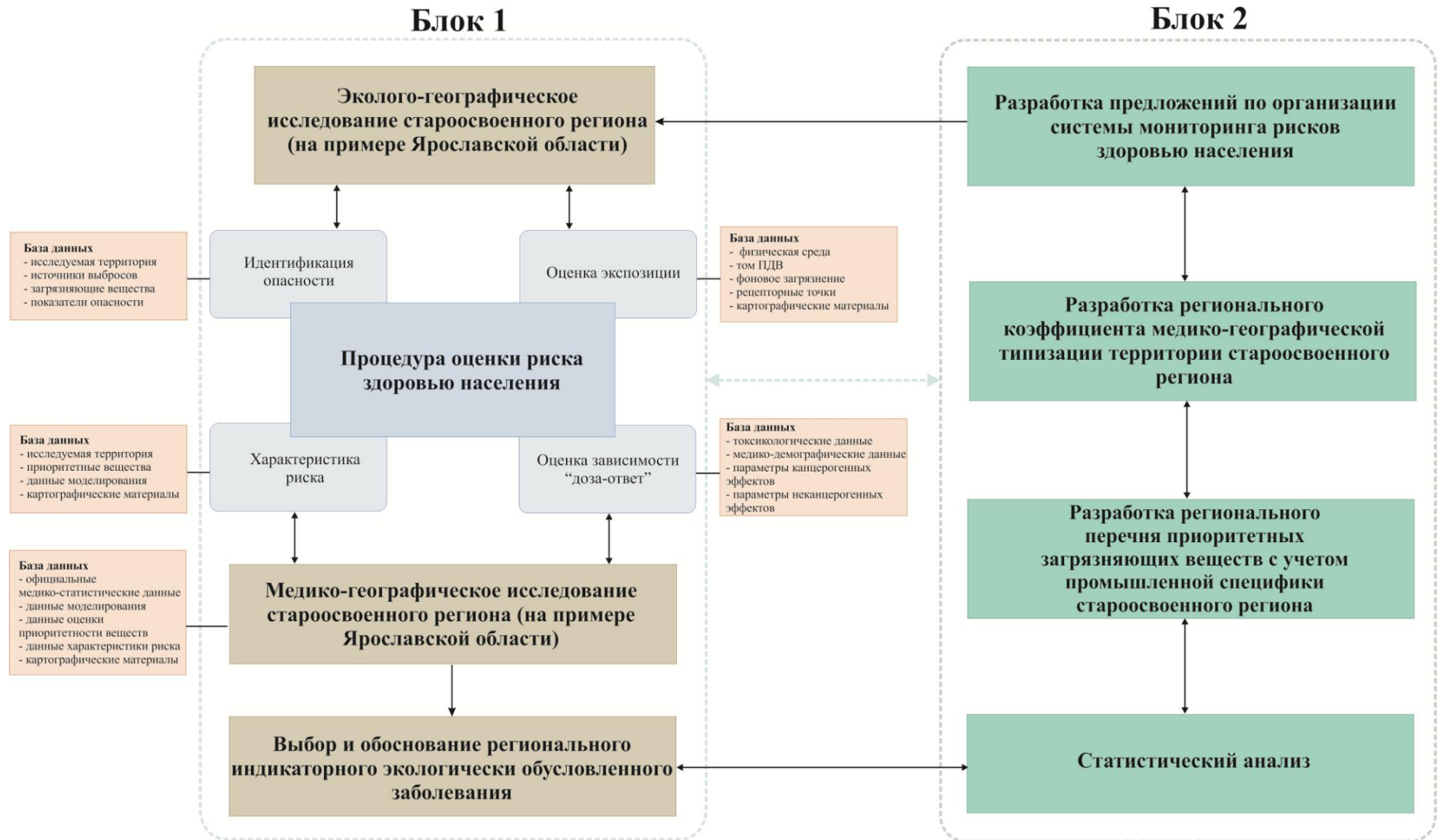


Рисунок 2 – Концептуальная схема диссертационного исследования

Согласно представленной схеме методологические подходы включают в себя эколого-географическое исследование, процедуру оценки риска здоровью населения с ее основными элементами (идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка зависимости «доза-ответ», характеристика риска), медико-географический и эпидемиологический анализы, а также выбор и обоснование региональных экологически обусловленных заболеваний, разработку регионального перечня приоритетных загрязняющих веществ с учетом промышленной специфики исследуемой территории, разработку регионального коэффициента медико-географической типизации, разработку предложений по организации системы мониторинга рисков здоровью населения.

В структуре первого блока элементы оценки риска размещены таким образом, чтобы их функционал был в полном соответствии с другими взаимозависимыми исследовательскими подходами. Эти подходы характеризуются внутренней и внешней обратной связью (feed-back). Этапы *идентификации опасности и оценки экспозиции* базируются на результатах выполненных эколого-географических и медико-географических исследований. Причем результаты этапов идентификации опасности, оценки экспозиции, эколого-географических и медико-географических исследований полностью дополняют друг друга.

Этап *оценки зависимости «доза-ответ»* и заключительный этап *характеристики риска* выполняются только после завершения первых двух этапов, являются обобщающими и расчетно-аналитическими, направленными на количественные оценки вероятности развития канцерогенных и неканцерогенных эффектов от воздействия загрязненного атмосферного воздуха с дальнейшим поиском закономерностей.

На заключительном этапе данного блока выполнялись медико-географические исследования, которые включали оценку приоритетности регионального экологически обусловленного заболевания, необходимого для разработки регионального коэффициента медико-географической типизации.

Оценка приоритетности экологически обусловленных заболеваний осуществлялась по приоритетным критическим «органам-мишеням», наиболее уязвимым при воздействии выявленных на этапе идентификации опасности гигиенически значимых загрязнителей с учетом промышленной специфики староосвоенного региона (на примере Ярославской области). Оценка приоритетности заболеваний имеет тесную связь с этапами оценки зависимости «доза-ответ» и характеристики риска. Для каждого этапа оценки риска и выбора регионального индикатора сформированы блоки необходимых исходных данных. Переходным элементом ко второму исследовательскому блоку диссертационной работы является разработка регионального перечня приоритетных загрязняющих веществ, а также коэффициента медико-географической типизации. Региональный коэффициент медико-географической типизации основан на частных стандартизированных индексах экологически обусловленных заболеваний, обоснованных с помощью оценки риска здоровью населения. Обязательным элементом всего комплекса исследований является включение в работу статистического анализа, используемые подходы к которому изложены ниже. Методологический подход в данной разработке имеет связь с ранее выполненными исследованиями С.А. Куролапа, О.В. Клепикова (2013), Б.И. Кочурова (2003), Д.Ю. Шишкиной, А.В. Антиповой, С.К. Котовской (Геоэкологическое картографирование..., 2009), Семеновой А.Н. (2010).

Второй блок исследовательской работы направлен на разработку предложений по организации системы мониторинга риска здоровью населения, а также изучение географического пространства риска. Этапы второго блока являются взаимодополняемыми и в тоже время имеют определенную последовательность разработки. Характеристика исследовательского материала, включающая в себя объем, материалы и объекты исследования представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Объем и объекты исследования

Объекты исследования	Материалы исследования	Объём исследований (ед.)
Климат и метеорологические показатели	Данные Ярославского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала Федерального государственного учреждения «Центральное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Ежедневные данные «Global Weather Data for SWAT», содержащие сведения о температуре ($t^{\circ}\text{C}$), осадкам (мм), скорости ветра (м/с), относительно влажности (доли единиц), а также суммарной солнечной радиации (МДж/м^2) за период 2000-2014 гг. Метеорологические показатели, участвующие в оценке экспозиции, включали: среднегодовую скорость ветра по направлениям (м/с), повторяемость направлений ветра (%), коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (A), скорость ветра, превышаемую в данной местности в среднем многолетнем режиме в 5 % случаев (U^* , м/с), безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности в направлении жилой зоны (f), максимальные температуры воздуха наиболее жаркого и холодного месяцев ($t^{\circ}\text{C}$)	>5000
Источники загрязнения атмосферного воздуха	Данные проектов ПДВ, инвентаризации источников выбросов, проекты по обоснованию СЗЗ, ОВОС, ПМООС	5475
Хозяйствующие субъекты		250
Объем эмиссии загрязняющих веществ в атмосферный воздух	Данные проектов ПДВ, инвентаризации источников выбросов, проекты по обоснованию СЗЗ, ОВОС, Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ярославской области в 2013, 2014 годах», данные Управления Роспотребнадзора по Ярославской области, Ярославльстата за 2013-2015 гг.	473
Расчетные концентрации загрязняющих веществ	Расчетные данные Института «Кадастр» (Орган по оценке риска здоровью), данные математического моделирования экспозиционной нагрузки	118
Модифицирующие коэффициенты	Расчетные данные Института «Кадастр» (Орган по оценке риска здоровью)	247
Общая и первичная заболеваемость взрослого и детского населения	Медицинский информационно-аналитический центр Ярославской области	81497

Медико-демографические показатели	Медицинский информационно-аналитический центр Ярославской области, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики	>100000
Рецепторные точки для оценки воздействующих концентраций	Данные математического моделирования рассеивания загрязняющих веществ	>5000
Уровни риска развития канцерогенных эффектов и неканцерогенного риска	Данные математического моделирования экспозиционной и рискованной нагрузок Института «Кадастр» (Центр по оценке риска здоровью)	131
Муниципальные районы		12

Статистические исследования. Статистический анализ выполнялся с применением прикладного пакета STATISTICA¹³. Проверка нулевых гипотез выполнялась при критическом уровне статистической значимости $p=0,05$. Критерием принятия нулевой гипотезы являлось превышение критического уровня значимости ($p>0,05$), соответственно в случае $p<0,05$, нулевая гипотеза отвергалась. Чем ниже p -значение критического уровня статистической значимости, тем меньше истинность нулевой гипотезы. Проверка гипотезы о нормальном распределении количественных признаков выполнялась с помощью критериев Колмогорова-Смирнова (d) с поправкой Лиллиефорса, а также Шапиро-Уилка (W) для каждой отдельной группы рассматриваемых признаков.

В зависимости от характера распределения количественных признаков выбирались соответствующие методы статистического анализа. В случае нормального распределения значений использовались параметрические методы, при ненормальном – непараметрические. С использованием методов дескриптивной статистики, при нормальном распределении признаков, для усредненной характеристики всех количественных признаков применялись меры среднего уровня, такие как среднее арифметическое значение и стандартная ошибка среднего (в тексте диссертации обозначается $M \pm m$), а мерой разброса значений признака – стандартное отклонение (SD). При ненормальном

¹³ StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.

распределении мерой среднего уровня принята медиана, а мерой разброса значений признака – 25 % и 75 % процентиля.

Для оценки стохастической зависимости между анализируемыми количественными признаками в зависимости от характера распределения данных выполнялся корреляционный анализ Пирсона с расчетом коэффициента линейной корреляции Пирсона (r) – при условии нормального распределения признаков и корреляционный анализ Спирмена с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена (R) – при ненормальном распределении.

В связи с тем, что рассматриваемые данные представляют собой многомерные ряды, был выполнен канонический анализ. При этом оценивалась взаимосвязь между двумя множествами исследуемых признаков с расчетом значений канонического R , извлеченной дисперсии, общей избыточности, с оценкой значимости канонических корней по критерию Хи-квадрат, а также анализом факторной структуры двух множеств исследуемых переменных. Для визуального анализа взаимосвязей были построены диаграммы рассеивания канонических корреляций, направленные на подтверждение предположений канонического анализа.

Для ряда исследуемых переменных для создания группирующих признаков использовался многомерный разведочный анализ с помощью метода иерархической классификации, правилом объединения в котором был назначен алгоритм Варда, мерой близости было принято манхэттенское расстояние. Использование кластерного анализа имело цель изучить структуру совокупности рассматриваемых переменных, систематизировать их и создать однородные группы. Выбор алгоритма Варда обусловлен тем, что метод позволяет уменьшить сумму квадратов для любых двух сформированных кластеров с дальнейшим увеличением целевой функции. При формировании кластеров находятся группы преимущественно равных размеров гиперсферической формы (Близоруков, 2008). Для расчета расстояния между анализируемыми переменными были использованы различные варианты меры близости для количественных

переменных, в частности евклидово расстояние и квадрат евклидового расстояния, а также манхэттенское расстояние. Анализ предварительных результатов кластерного анализа позволил остановиться на манхэттенском расстоянии, как оптимальном варианте, представляющем наиболее адекватные результаты объединения переменных. Результатом данного анализа было построение дендрограммы с выделенными кластерами, для сравнения средних значений между кластерами, использовался алгоритм k-средних Мак-Кина, при этом рассматривались суммы квадратов дисперсий (SS) между и внутри кластеров, а также F-критерий Фишера с достигнутым уровнем значимости для каждой анализируемой переменной (Халафян, 2007; Методы статистической обработки..., 2012).

Рассмотрим более подробно особенности методологических подходов, которые были реализованы в ходе выполнения диссертационного исследования.

Эколого-географические исследования. Эколого-географические исследования являются одними из ключевых элементов процедуры оценки риска здоровью населения на всех этапах её выполнения. На основании результатов эколого-географических исследований формировались сценарии негативного воздействия сигнальных факторов окружающей среды, анализировались особенности миграции воздействующих химических токсикантов и все возможные потенциальные пути воздействия, что важно учитывать в процессе оценки экспозиции.

Эколого-географическое исследование в данной диссертационной работе включало в себя характеристику физической среды Ярославской области, при этом анализировались следующие данные: климатические особенности (температурный режим, количество осадков, относительная влажность, суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность, особенности топографии), метеорологические условия (скорость и направление ветра, повторяемость штилей, приземных инверсий температуры), геологическое строение, типы почв, характеристика поверхностных водоемов, растительность.

Результаты анализа физической среды исследуемой области позволили определить потенциальные пути вредного воздействия.

Основными источниками эколого-географической информации являются данные статистического учета (Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ярославской области, Федеральная служба государственной статистики), а также гидрометеорологических наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды (Ярославский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал Федерального государственного учреждения «Центральное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»). Основными методами эколого-географического исследования являлись аналитические, сопоставительные и картографические.

Медико-географические исследования. Медико-географические исследования являются неотъемлемой частью в оценке экспозиции и характеристики зоны воздействия. Характеристика населения, проживающего в зонах негативного воздействия факторов среды обитания, предусматривает анализ мест проживания (территориальные особенности) и выявление чувствительных подгрупп населения. Характеристика населения в первую очередь направлена на поиск путей воздействия, установление связи между вредными факторами (источниками выброса загрязнителей), их месторасположением, способами попадания химических веществ в окружающую среду и местами расположения различных популяций населения (Руководство Р 2.1.10.1920-04).

Для представления общей картины медико-географической ситуации в Ярославской области было выполнено эпидемиологическое исследование, в котором рассматривалась общая и первичная заболеваемость взрослого и детского населения в территориальном разрезе (г. Ярославль, г. Рыбинск, Большесельский, Борисоглебский, Брейтовский, Гаврилов-Ямский, Даниловский, Любимский, Мышкинский, Некоузский, Некрасовский, Первомайский,

Переславский, Пошехонский, Ростовский, Рыбинский, Тутаевский, Угличский, Ярославский районы), структуры заболеваемости по отдельным классам в возрастном разрезе (рассматривалось взрослое население – от 18 лет и старше, детское население – от 0 до 14 лет и от 15 до 17 лет). Следует отметить, что в данной диссертационной работе при оценке первичной экологически обусловленной заболеваемости и медико-географической типизации исследуемой территории дифференциация возрастных групп детского населения не выполнялась, рассматривалась общая детская популяция в возрасте от 0 до 17 лет, в первую очередь это связано с особенностями предоставления медико-статистических данных, что может вносить некоторую неопределенность в результаты анализа.

В работе учитывались приоритетные экологически обусловленные заболевания. Для оценки приоритетности сигнальных заболеваний были выбраны классы болезней с учетом результатов оценки риска здоровью населения (токсикологических особенностей приоритетных веществ, сценария воздействия на экспонируемое население, экспозиционной нагрузки, критических органов и систем («органов-мишеней») с максимальными величинами HQ и HI в рецепторных точках с учетом направленности токсического действия загрязнителей.

Исходными материалами являлись данные медицинской статистики Медицинского информационно-аналитического центра Ярославской области (МИАЦ) (за период 2000-2013 гг.).

Для медико-географической типизации Ярославской области по приоритетным экологически обусловленным заболеваниям был разработан региональный коэффициент медико-географической типизации области, состоящий из суммы отношений стандартизированных частных индексов заболеваемости.

Разработка индексного аппарата выполнялась с учетом рекомендаций Всемирной организации здравоохранения. В первую очередь учитывались

возможности доступа данных (показателей), необходимых для включения в формулу индекса, возможности полноты охвата населения и качества данных, т.е. показатели здоровья, используемые в индексе, должны иметь максимальный охват населения на изучаемой территории и не изменяться во времени и пространстве. Необходимыми условиями были универсальность индекса и удобная формула для его вычисления, не требующая сложных математических расчетов и дорогостоящих исследований, а также приемлемость и интерпретируемость результатов расчета. Однако следует отметить, что несмотря на простоту математической формулы, выбор показателей и их обоснование выполняется посредством многоэтапных гигиенических исследований по оценке риска, включающих достаточно трудоемкое математическое моделирование. Следующими условиями разработки формулы являлись её воспроизводимость, т.е. возможность использования расчетной формулы разными специалистами в разное время и при различных условиях и получением идентичного результата, а также специфичность (отражать изменения изучаемых факторов), чувствительность (быть чувствительным к изменениям изучаемых факторов) и валидность (отражать реальные факты).

Региональный коэффициент медико-географической типизации направлен на оценку медико-экологической и медико-географической нагрузки на население муниципальных районов Ярославской области, а также необходим для типизации и ранжирования наиболее рискогенных территорий.

В качестве основного показателя использовалась первичная заболеваемость по приоритетным экологически обусловленным заболеваниям. Экологическая обусловленность была обоснована результатами оценки неканцерогенных и канцерогенных рисков здоровью, учитывая промышленную специфику староосвоенного региона (на примере Ярославской области) и значимые загрязнители атмосферного воздуха.

На основании результатов оценки риска были выбраны 5 классов болезней: первичная заболеваемость органов дыхания, сердечно-сосудистой системы,

центральной нервной системы, крови, а также злокачественные новообразования. Анализ первичной заболеваемости выполнен за тринадцатилетний период отдельно по муниципальным районам и в целом по Ярославской области.

Для расчета разработанного нами коэффициента медико-географической типизации (интегрального) (**Int**) использовался стандартизированный частный индекс *i*-заболеваемости (**Iзаб.**).

Формула частного индекса *i*-заболеваемости **Iзаб.** (рассчитывается по каждому классу заболеваний):

$$I_{заб. 1,2,3, \dots} = \frac{(imax - imin)}{(imax - i_{среднее})}$$

где **Iзаб.** 1,2,3, ... – стандартизированный частный индекс *i*-заболеваемости (по классам 1 – органы дыхания, 2 – сердечно-сосудистые болезни и т.д.);
imax – максимальное значение *i*-заболеваемости за весь период наблюдения;
imin – минимальное значение *i*-заболеваемости за весь период наблюдения;
*i*среднее – среднее значение *i*-заболеваемости за весь период наблюдения.

Формула коэффициента медико-географической типизации (интегральный)

Int:

$$Int = \frac{I_{заб. 1}}{I_{заб. обл. 1}} + \frac{I_{заб. 2}}{I_{заб. обл. 2}} + \frac{I_{заб. 3}}{I_{заб. обл. 3}} + \frac{I_{заб. 4}}{I_{заб. обл. 4}} + \frac{I_{заб. 5}}{I_{заб. обл. 5}}$$

где **Int** – коэффициент медико-географической типизации (интегральный);
Iзаб. 1,2, ... – частный индекс *i*-заболеваемости (по классам 1 – органы дыхания, 2 – сердечно-сосудистые болезни и т.д.);
Iзаб.обл. 1,2,... – частный индекс *i*-заболеваемости (по классам 1 – органы дыхания, 2 – сердечно-сосудистые болезни и т.д.) по области в целом.

Рискологическое исследование. Для количественной оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья населения использовалась методология оценки риска здоровью населения, в рамках которой задействован алгоритм, рекомендованный Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и другими ведущими международными организациями.

Гигиенические исследования по оценке риска здоровью населения

выполнялись в несколько этапов в период 2008-2015 гг. В границы (широту охвата) исследований входили г. Ярославль, Рыбинский, Угличский, Даниловский районы. План исследований по оценке риска представлен в таблице 6.

Таблица 6 – План гигиенического исследования по оценке риска здоровью населения

№ этапа	Наименование этапа	Исследовательские задачи
1	Идентификация опасности	– Определение потенциально вредных факторов, проведение оценки связи между изучаемым фактором и возможным нарушением состояния здоровья человека, включая сбор и анализ данных о загрязнителях, составе и условиях загрязнения на исследуемой территории; – Определение районов наблюдения (исследуемой территории); – Выбор системы условных координат и рецепторных точек для расчета воздействующих концентраций на организм человека; – Выполнение оценки параметров опасности развития токсических эффектов и анализ критических эффектов; – Определение приоритетных веществ с канцерогенным и неканцерогенным действием с последующим ранжированием потенциальных канцерогенов и веществ, не обладающих канцерогенным эффектом; – Оценка неопределенностей этапа идентификации опасности
2	Оценка экспозиции	– Изучение источников загрязнения; – Выявление маршрутов движения загрязняющих веществ от источника к человеку; – Определение путей и точек воздействия; – Определение значений концентраций веществ, воздействующих на здоровье населения, включая анализ окружающей обстановки; – Расчет среднегодовых концентраций химических токсикантов в рецепторных точках; – Идентификация маршрутов воздействия и потенциальных путей поступления загрязняющих веществ в организм человека; – Оценка неопределенностей этапа оценки экспозиции
3	Оценка зависимости «доза-ответ»	– Определение токсикологических показателей для оценки риска здоровью; – Определение функции «доза – ответ» для канцерогенов и для неканцерогенов; – Оценка неопределенностей этапа оценки зависимости «доза-ответ»
4	Характеристика риска	– Обобщение информации, полученной на предшествующих этапах оценки риска; – Проведение качественной и количественной оценки риска с последующим анализом распространенности

№ этапа	Наименование этапа	Исследовательские задачи
		риска на изучаемой территории; – Оценка неопределенностей этапа характеристики риска, связанной с анализом и обобщением всей информации

Методология, содержание и особенности проведения эколого-географических и гигиенических исследований по оценке риска строго соответствуют положениям «Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферу» (2004), методических рекомендаций ЦОС 001-13 «Порядок проведения сертификации организаций в Системе добровольной сертификации органов по оценке риска здоровью населения» от 20 марта 2013 г., Методических рекомендаций от 25.10.2013 ЦОС 002-13 «Изменение № 1 к МР ЦОС 001-13 «Порядок проведения сертификации организаций в Системе добровольной сертификации органов по оценке риска здоровью населения», которыми предусмотрено этапное выполнение работ (идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка зависимости «доза – ответ», характеристика риска) с анализом неопределенностей на каждом из этапов.

Математическое моделирование рассеивания среднегодовых концентраций выполнено с помощью программного комплекса УПРЗА «Эколог», вер. 3.1, расчетный блок «Средние» (Фирма «Интеграл», СПб.). Расчеты канцерогенного и неканцерогенного рисков проведены с использованием MS Excel 2007 и расчетного блока «Риски», реализующего Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Картографические работы выполнены с использованием компьютерной геоинформационной системы Arc Gis 10.1.

В качестве исходных данных для математического моделирования были использованы тома ПДВ и проекты санитарно-защитных зон отдельных исследуемых промышленных предприятий и единых санитарно-защитных зон Северного и Южного промышленных узлов г. Ярославля, включающих в себя более 60 и более 200 промышленных предприятий соответственно.

Процедура оценки риска здоровью населения выполнялась в четыре этапа: 1) идентификация опасности; 2) оценка зависимости «доза-ответ»; 3) оценка экспозиции; 4) характеристика риска. Рассмотрим этапы рискологических исследований более подробно.

Идентификация опасности подразумевала выявление потенциально вредных факторов среды обитания, оценку связи между изучаемым фактором и нарушениями состояния здоровья населения, достаточность и надежность имеющихся данных об уровнях загрязнения различных объектов окружающей среды исследуемыми веществами, составление перечня приоритетных химических веществ, подлежащих последующей характеристике риска.

Оценка воздействия (экспозиции) химических токсикантов на человека предполагала характеристику источников загрязнения атмосферного воздуха, маршрутов движения химических токсикантов от источника к человеку, пути и точки воздействия, определение среднегодовых концентраций и доз усредненных за 70-летний период жизни, установление уровней экспозиции для популяции в целом.

Оценка зависимости «доза-ответ» являлась токсикологической оценкой количественных связей между уровнями экспозиции и показателями состояния здоровья.

Характеристика риска представляла собой завершающую часть оценки риска с переходом в этап управления риском. На этом этапе интегрировались качественные и количественные данные идентификации опасности, оценки зависимости «доза-ответ» и оценки экспозиции. Расчет рисков и их количественная характеристика выполнялись отдельно для канцерогенных токсикантов и веществ, не обладающих канцерогенной активностью, в первую очередь, это вещества, обладающие системным токсическим эффектом.

В качестве критерия безопасного уровня воздействия химических токсикантов, для количественной оценки риска, использовалась референтная концентрация (RfC), которая представляет собой гигиеническое нормативное значение при непрерывном ингаляционном воздействии на популяцию (включая

наиболее чувствительные группы), при которой не наблюдается риск вредных неканцерогенных эффектов на протяжении всей жизни. Значение RfC является допустимым пределом ингаляционного воздействия на человека потенциально опасных уровней химических токсикантов в атмосферном воздухе. Использование референтных концентраций регламентировано Руководством Р 2.1.10.1920-04. С целью оценки приоритетности и ранжирования химических токсикантов для обоснованного определения значимых канцерогенных и неканцерогенных загрязнителей вычислялись ранговые индексы канцерогенной опасности ($HRi_{\text{канц.}}$) и неканцерогенных эффектов по формулам:

$$HRi_{\text{канц.}} = E \times Wc \times P / 10000,$$

где Wc – весовой коэффициент канцерогенной активности (таблица 7);

P – численность популяции под воздействием изучаемых химических токсикантов;

E – величина условной экспозиции (объем годового выброса, т/год).

Таблица 7 – Весовые коэффициенты для оценки канцерогенных эффектов (Wc)

Фактор канцерогенного потенциала (мг/кг)	Группа по классификации US EPA	
	A/B	C
< 0,005	10	1
0,005 – 0,05	100	10
0,05 – 0,5	1000	100
0,5 – 5,0	10000	1000
5,0 – 50,0	100000	10000
> 50,0	1000000	1000000

Источник: Руководство Р 2.1.10.1920-04

$$HRi_{\text{неканц.}} = E \times TW \times P / 10000,$$

где TW – весовой коэффициент неканцерогенной активности (таблица 8);

P – численность популяции под воздействием;

E – величина условной экспозиции (объем годового выброса, т/год).

Таблица 8 – Весовые коэффициенты для оценки неканцерогенных эффектов (TW)

Безопасная доза, мг/кг	Безопасная концентрация, мг/м ³	Весовой коэффициент
< 0.00005	< 0.000175	100000
0,00005 – 0,0005	0,000175 – 0,00175	10000

0,0005 – 0,005	0,00175 – 0,0175	1000
0,005 – 0,05	0,0175 – 0,175	100
0,05 – 0,5	0,175 – 1,75	10
> 0,5	> 1,75	1

Источник: Руководство Р 2.1.10.1920-04

Результаты идентификации опасности при оценке экспозиции проходят окончательное уточнение, так как источники выбросов вредных веществ в атмосферу могут иметь разную высоту, температуру газо-воздушной смеси, тип выброса, что оказывает значительное влияние на формирование уровней загрязнения в приземном слое атмосферы. Поэтому список приоритетных веществ уточняется после предварительных расчетов прогнозируемых уровней загрязнения с помощью моделирования рассеивания компонентов выбросов.

На этапе оценки воздействующих концентраций выполнялись расчеты рассеивания загрязняющих веществ с использованием реальных метеорологических характеристик, в частности рассчитывались приземные максимально разовые и среднегодовые концентрации. Расчеты приземных максимально разовых концентраций выполнялись в соответствии с «Методикой расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86)» (1987). При выполнении расчетов учитывалась нестационарность выбросов токсикантов во времени источниками загрязнения атмосферы.

Расчеты выполнялись по гигиенически значимым, приоритетным химическим токсикантам. При расчете осуществлялся автоматический перебор направлений ветра (от 0,5 м/с до U^*) с шагом 1 град. Для оценки среднегодовых уровней загрязнения атмосферы приняты летние условия работы промышленных предприятий, как в целом наиболее неблагоприятные для процессов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Рецепторные точки взяты на границах жилых зон, расположенных в непосредственной близости к предприятиям и промышленным узлам, а также на границах санитарно-защитных зон, как отдельных предприятий, так и групп предприятий.

Критериями оценки уровней загрязнения атмосферы от источников,

расположенных на территориях промышленных предприятий, являлись среднегодовые значения концентраций в рецепторных точках. Среднегодовые концентрации определялись в рецепторных точках с учетом фона, а также без учета влияния фоновых концентраций.

Для предприятий, в которых отсутствовали посты наблюдений за качеством атмосферного воздуха, величины фоновых концентраций загрязняющих веществ принимались в соответствии с данными, рекомендованными Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды для населенных пунктов с численностью населения менее 10 тысяч человек.

Для фоновых значений химических загрязнителей представленных ПДКм/р, расчеты среднегодовых концентраций представлялись нецелесообразными.

На этапе оценки зависимости «доза-ответ» для математического описания использовалась многостадийная модель, основанная на предположении о том, что инициация опухолевого роста требует осуществления ряда последовательных событий в области рецептора:

$$P(d) = 1 - \exp(-S a_i d_i), a_i > 0$$

$$P(d) = 1 - \exp[-(q_0 + q_1 d + q_2 d^2 + \dots + q_k d^k)],$$

где $P(d)$ – пожизненный риск (вероятность) развития рака при воздействии дозы d , q ; – коэффициенты.

Другой формой выражения этой модели является:

$$A(d) = 1 - \exp[-(q_1 d + q_2 d^2 + \dots + q_k d^k)],$$

где $A(d) = [P(d) - P(0)]/[1 - P(0)]$ – дополнительный риск к фоновому уровню при воздействии дозы d .

Для оценки зависимости «доза-ответ» химических канцерогенов основным параметром токсической зависимости являлся фактор канцерогенного потенциала (CPF) или фактор наклона (SF_i – Inhalation cancer slope factor), отражающий верхнюю границу канцерогенного риска за ожидаемую среднюю продолжительность жизни человека (по рекомендациям ВОЗ – 70 лет). Фактор (SF) имеет размерность – $(\text{мг/кг-сут.})^{-1}$.

Вторым ключевым параметром канцерогенной опасности являлась

величина единичного риска (UR_i – Unit Risk factor inhalation) – верхняя граница канцерогенного риска у человека, при пожизненном воздействии рассматриваемых химических канцерогенов в концентрации 1 мкг/м^3 (по атмосферному воздуху). Величина единичного риска (UR) рассчитывалась по формуле:

$$UR_i = SFi \times 1/70 [\text{кг}] \times 20 [\text{м}^3/\text{сут.}],$$

где UR_i – единичный риск при ингаляционном воздействии канцерогена, $[\text{м}^3/\text{мг}]$;

SFi – фактор наклона при ингаляционном воздействии, $[(\text{кг} \times \text{сут.})/(\text{мг})]$;

$70 [\text{кг}]$ – стандартное значение массы тела человека;

$20 [\text{м}^3/\text{сут.}]$ – суточное потребление воздуха.

Расчет величины индивидуального канцерогенного риска (ICR – Individual cancer risk) выполнялся по формуле:

$$ICR = LADD \times SFi,$$

где $LADD$ – среднесуточная доза (среднесуточного поступление);

SF – фактор наклона при ингаляционном воздействии, $[(\text{кг} \times \text{сут.})/(\text{мг})]$

Величина $LADD$ рассчитывалась по следующей формуле:

$$LADD = [C \times CR \times ED \times EF]/[BW \times AT \times 365],$$

где $LADD$ – средняя суточная доза или поступление (I), $[\text{мг}/(\text{кг} \times \text{день})]$;

C – концентрация вещества в загрязненной среде, $[\text{мг}/\text{м}^3]$;

CR – скорость поступления воздействующей среды (атмосферный воздух), $[\text{м}^3/\text{день}]$;

ED – продолжительность экспозиции, $[\text{лет}]$;

EF – частота экспозиции, $[\text{дней}/\text{год}]$;

BW – масса тела человека, $[\text{кг}]$;

AT – период усреднения экспозиции (для канцерогенов $AT = 70$ лет);

365 – число дней в году.

Величина ICR представляет верхнюю границу канцерогенного риска за среднюю продолжительность жизни (70 лет). В отдельных исследованиях по оценке риска по ряду предприятий Ярославской области выполнялись

дополнительные расчеты популяционного канцерогенного риска (PCR – Population carcinogenic risk), которые представляли собой значения дополнительных (к фоновому) вероятных случаев развития опухолевых процессов при воздействии химических канцерогенов атмосферного воздуха в течение жизни человека. Однако в явной форме уровни PCR в диссертационном исследовании не представляются. Для анализа канцерогенных рисков на территории учитывалась аддитивность канцерогенных факторов, для этого выполнены расчеты суммарных уровней индивидуальных канцерогенных рисков по формуле:

$$\sum ICR = ICR_1 + ICR_2 + ICR_3 + \dots,$$

где $\sum ICR$ – суммарный уровень индивидуального канцерогенного риска с учетом комбинированного действия смеси химических канцерогенов;

ICR_1, ICR_2, ICR_3 – уровни индивидуальных канцерогенных рисков.

Что касается моделирования неканцерогенных рисков, то характеристика риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ проводилась на основе расчета коэффициента опасности по следующей формуле:

$$HQ = C/RfC,$$

где HQ – коэффициент опасности;

C – среднегодовая (для расчета хронических рисков) или максимальная разовая концентрация (для расчета острых рисков), $[мг/м^3]$;

RfC – референтная концентрация (рассматривается отдельно для хронических и острых (пиковых) ингаляционных воздействий), $[мг/м^3]$.

Комбинированное воздействие химических токсикантов, в случае однонаправленного токсического действия смеси веществ на органы и системы органов человека, подчиняется принципам аддитивности эффектов. Данное свойство учитывалось при характеристике риска развития неканцерогенных эффектов, при этом выполнялся расчет индекса опасности (HI). HI для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем (в данном случае ингаляционном) рассчитывали по формуле:

$$HI = \sum HQ_i,$$

где HQ_i – коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси воздействующих веществ.

При классификации уровней риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих окружающую среду, ориентировались на систему критериев приемлемости согласно Руководству Р 2.1.10.1920-04. В соответствии с этими критериями **первый диапазон риска** (индивидуальный риск в течение всей жизни, *равный или меньший 1×10^{-6}* , что соответствует одному дополнительному случаю серьезного заболевания или смерти на 1 млн экспонированных лиц) характеризует такие уровни риска, которые воспринимаются всеми людьми как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, повседневных рисков (уровень De minimis). Подобные риски не требуют никаких дополнительных мероприятий по их снижению и их уровни подлежат только периодическому контролю. **Второй диапазон** (индивидуальный риск в течение всей жизни *более 1×10^{-6} , но менее 1×10^{-4}*) соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Данные уровни подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению. **Третий диапазон** (индивидуальный риск в течение всей жизни *более 1×10^{-4} , но менее 1×10^{-3}*) приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий. **Четвертый диапазон** (индивидуальный риск в течение всей жизни, *равный или более 1×10^{-3}*) неприемлем ни для населения, ни для профессиональных групп. Данный диапазон обозначается как De manifestis Risk, и при его достижении необходимо давать рекомендации для лиц, принимающих решения о проведении экстренных оздоровительных мероприятий по снижению риска.

Проблема выбора критериев приемлемых уровней риска здоровью населения до сих пор представляет актуальность и вызывает многочисленные обсуждения. Предложения по новым категориям исследования риска, в части его приемлемости рассматривались Rhodes R., Azzouni J., Baumrin S.B., Benkov K.,

Blaser M.J., Brenner B., Dauben J.W., Earle W.J., Frank L., Gligorov N., Goldfarb J., Hirschhorn K., Hirschhorn R., Holzman I., Indyk D., Jabs E.W., Lackey D.P., Moros D.A., Philpott S., Rhodes M.E., Richardson L.D., Sacks H.S., Schwab A., Sperling R., Trusko B., Zweig A. (2011), Ball D (2006).

Величина целевого риска для условий населенных мест в России составляет $10^{-5} - 10^{-6}$. При величине коэффициента опасности (HQ), *равной или меньшей 1,0* – риск вредных эффектов рассматривается как пренебрежимо малый. С увеличением HQ вероятность развития вредных эффектов возрастает, однако точно указать величину этой вероятности невозможно.

Для решения вопроса географического распределения экспозиционных и рискованных нагрузок на население использовалась методика интеграции данных вычислительного моделирования в геоинформационные системы, связанная с геометрической и пространственной привязками источников загрязнения атмосферы. Для обоснования критических зон и визуализации проблемных территорий выполнен кластерный анализ в виде растрового представления распространения рискованных величин с учетом цветокодирования риска на всей исследуемой территории.

Глава 3 Эколого-географические особенности территории Ярославской области с позиции оценки риска здоровью населения

Эколого-географические данные играют ключевую роль в процедурах оценке риска здоровью населения. Разностороннее рассмотрение эколого-географических характеристик исследуемой территории, включая изучение исторических данных использования земельных ресурсов, позволяет наиболее четко определить потенциальные пути негативного воздействия токсикантов, учитывая все факторное многообразие окружающей среды, все возможные взаимодействия, средовые переходы и судьбу загрязняющих веществ. Что касается исторического анализа, то он должен содержать сведения о сельскохозяйственной, промышленной, коммерческой деятельности, характеристике селитебных зон исследуемой территории. Значение эколого-географической составляющей оценки риска здоровью населения также имеет приоритет в построении сценариев экспозиции, выбора значимого сценария, а также выбора рабочей модели для решения определенной проблемы. Следует отметить, что как бы подробно не была выполнена оценка риска, недоучет эколого-географических особенностей исследуемой территории ведет к значительной дезориентации результатов общей рискологической процедуры, где страдает ключевой этап оценки риска – этап управления риском, направленный на его минимизацию, а также мониторинг и контроль остаточного риска здоровью. Определенные погрешности и неопределенности результатов математического моделирования рассеивания химических токсикантов в окружающей среде в первую очередь связаны с недостаточностью эколого-географической базы, что заметно в российских моделях, в частности модели «Эколог», реализующей методологические подходы ОНД-86, где, например, используется достаточно скромный набор метеорологических параметров.

Существует определенный набор параметров окружающей среды, учет которых необходим для адекватного математического моделирования экспозиционных и рискованных нагрузок, оценки дозо-зависимых связей и

полноценного отображения пространства риска направленного на зонирование урбанизированных территорий.

Обобщенная характеристика физической среды включает в себя анализ следующих свойств и показателей: (1) климат (температурный режим, количество осадков, относительная влажность и в некоторых случаях рассматривалась суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность); (2) метеоусловия (скорость и направление ветра, повторяемость штилей, приземных инверсий температуры); (3) геологическое строение; (4) растительность (травяной покров, древесная растительность); (5) тип почвы и другие показатели. Выбор необходимых эколого-географических параметров определяется целью исследования, сценарием экспозиции и математической моделью.

В данной диссертационной работе концептуальная модель исследуемой территории представляет собой территорию старого освоения с развитой промышленностью и транспортной системой, имеющей всероссийское и международное значение. С учетом выбранного сценария экспозиции рассмотрим характеристику физической среды староосвоенного региона (на примере Ярославской области).

3.1. Характеристика физической среды Ярославской области

Ярославская область является субъектом Российской Федерации, входит в состав Центрального федерального округа, образована 11 марта 1936 года. Формирование области в современных границах датируется 13 августа 1944 года. Областной центр – г. Ярославль. Общая площадь области составляет 36 177 км² (61-е место среди 84 субъектов Российской Федерации). Территория области достаточно компактна (протяженность территории с севера на юг – 270 км, с запада на восток – 220 км), с небольшой длиной границы, находится в пределах 56°32' и 58°55' с.ш., 37°21' и 41°12' в.д. Но, несмотря на компактность, область граничит с Владимирской, Вологодской, Ивановской, Костромской, Московской, Тверской областями, что позволяет достаточно эффективно осуществлять

межобластные взаимодействия. Крайне выгодна для области близость к Москве (282 км), это позволяет определить основную стратегию регионального современного развития. Развитая транспортная сеть соединяет Центральный, Северо-Западный и Приволжский федеральные округа (рисунок 3).



Рисунок 3 – Географическое положение Ярославской области

Источник: Экологический атлас Ярославской области, 2015

Ярославская область расположена в центре Восточно-Европейской (Русской) равнины, в пределах восточной части Московской синеклизы, в бассейне верхней Волги.

Климатическая характеристика. Исследуемая территория, согласно климатической классификации Алисова Б.П. (1936, 1956), находится в атлантико-континентальной области умеренного пояса. Климат данной территории

характеризуется умеренностью температурного режима с достаточным увлажнением и формируется под влиянием атлантических и континентальных воздушных масс. С учетом характерных особенностей годового хода основных метеорологических элементов и их значений год делится на климатические сезоны. Сроки наступления и продолжительность сезонов зависят от сложившихся условий взаимодействия климатообразующих факторов и изменяются от года к году, иногда очень резко. Для области характерно четкое формирование весеннего и осеннего периодов, а также влияние циклонов – 56 % дней и антициклонов – 44 % дней.

За последние десятилетия наблюдается потепление климата, так январская температура поднялась на 2-3 °С, июльская – на 1-2 °С, при этом имеет место сокращение зимы с 5 до 4 месяцев, увеличился период плюсовых температур на один месяц (рисунок 4 а, б).

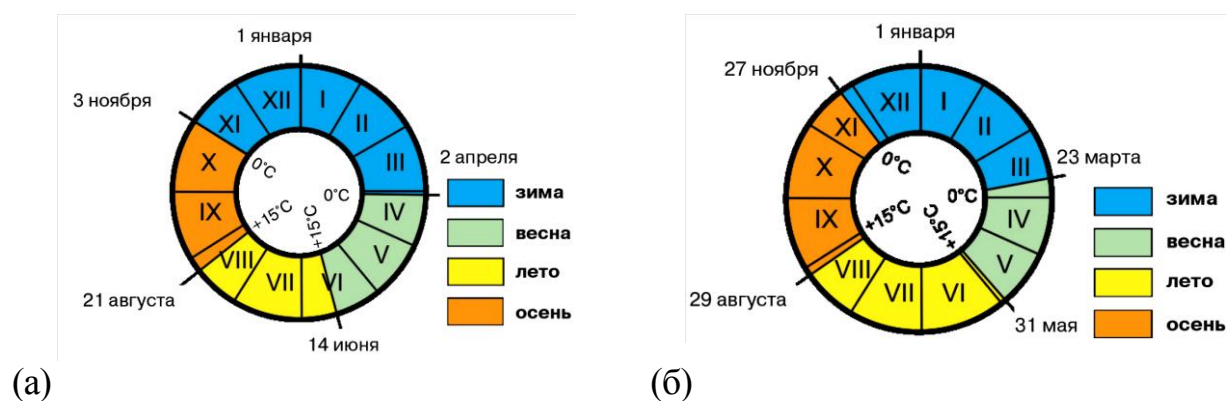


Рисунок 4 – Смена сезонов в период (а) с 1964 по 1999 гг. и (б) в период с 2004 по 2014 гг.

Источник: Экологический атлас Ярославской области, 2015

С помощью «Global Weather Data for SWAT» (<http://globalweather.tamu.edu>) были получены ежедневные данные основных климатических характеристик, включая сведения о максимальной и минимальной температуре приземного воздуха (°C), скорости ветра (м/с), осадках (мм), относительной влажности (%), а также суммарной солнечной радиации за 15-летний период (2000-2015 гг.).

Температура приземного воздуха. Оценка температуры приземного слоя атмосферного воздуха является главным параметром, характеризующим качество

рассеивающей способности атмосферы, что важно учитывать на этапе оценки экспозиции в процедуре оценки риска здоровью населения. Данные о температурном режиме являются ведущими для всех математических моделей рассеивания загрязнителей, в первую очередь связанных с конвективными и инверсионными процессами. Эти особенности имеют непосредственное влияние на градиент температуры, который в свою очередь определяет устойчивость атмосферы – способности атмосферного воздуха рассеивать химические токсиканты. Анализ данных максимальной и минимальной температуры приземного воздуха за период наблюдений с 2000 по 2014 гг. показывает достаточно ровную динамику (рисунки 5 а, б). Однако в отдельные годы наблюдались наибольшие значения максимума и минимума.

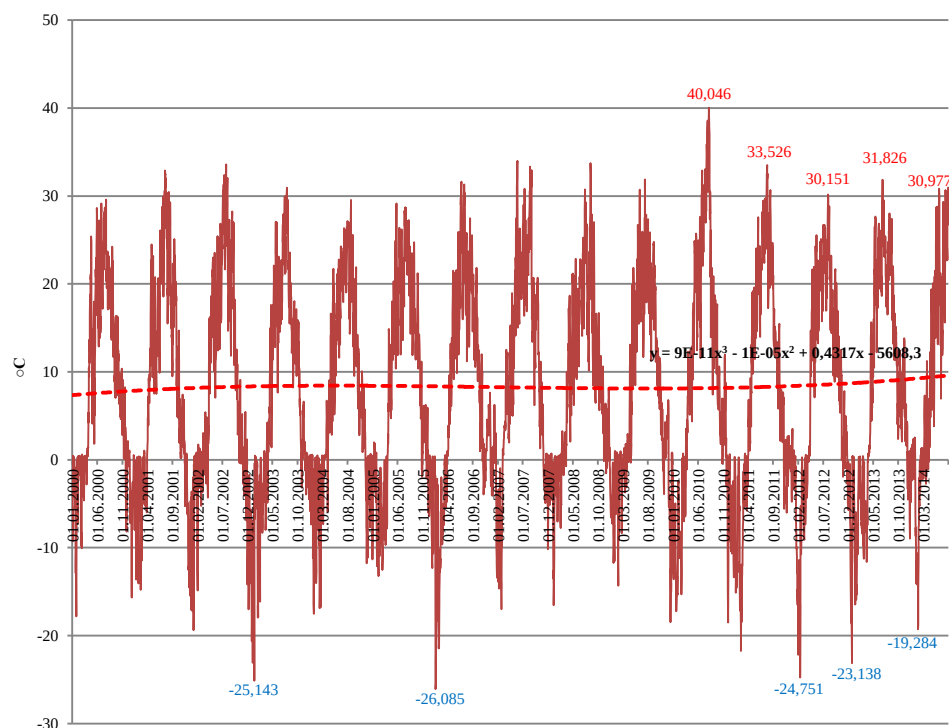
Наиболее жаркая погода была зафиксирована летом 2010 г., пиковые значения *максимума температуры* приземного воздуха составлял $+40,05^{\circ}\text{C}$, жаркий период приходился на начало августа. Наиболее жаркие дни наблюдались в период 05.08.2010 – 08.08.2010 гг., значения максимальной летней температуры находились в пределах от $+37,8^{\circ}\text{C}$ до $+40,05^{\circ}\text{C}$. В дальнейшем наблюдался постепенный спад температуры. В последующие годы (2011 г., 2012 г.) наблюдалось снижение пиковых значений. В 2012 г., по сравнению с 2010 г., максимальная летняя температура снизилась на $9,8^{\circ}\text{C}$. Летом 2013 г. отмечался новый рост температуры, пиковые значения ($+31,8^{\circ}\text{C}$) приходились на июнь месяц, значения июньской температуры были на уровне $+32^{\circ}\text{C}$. В 2014 г. пиковые летние уровни максимальных значений несколько снизились, по сравнению с 2013 г., максимальная температура приземного воздуха снизилась на $0,83^{\circ}\text{C}$ и составляла не выше $+31^{\circ}\text{C}$.

Зимний период характеризовался более мягкими условиями. Пиковые значения температуры атмосферного воздуха наиболее холодного времени наблюдались в январе 2003 г. (наибольшее значение максимальной зимней температуры (11.01.2003) составляло $-25,1^{\circ}\text{C}$) и 2006 г. (18.01.2006 пиковое значение зимней температуры атмосферного воздуха составляло $-26,1^{\circ}\text{C}$). В последующие годы, начиная с 2007 г., зимняя температура повысилась на $9,18^{\circ}\text{C}$. Новые пиковые значения отрицательных температур стали наблюдаться в

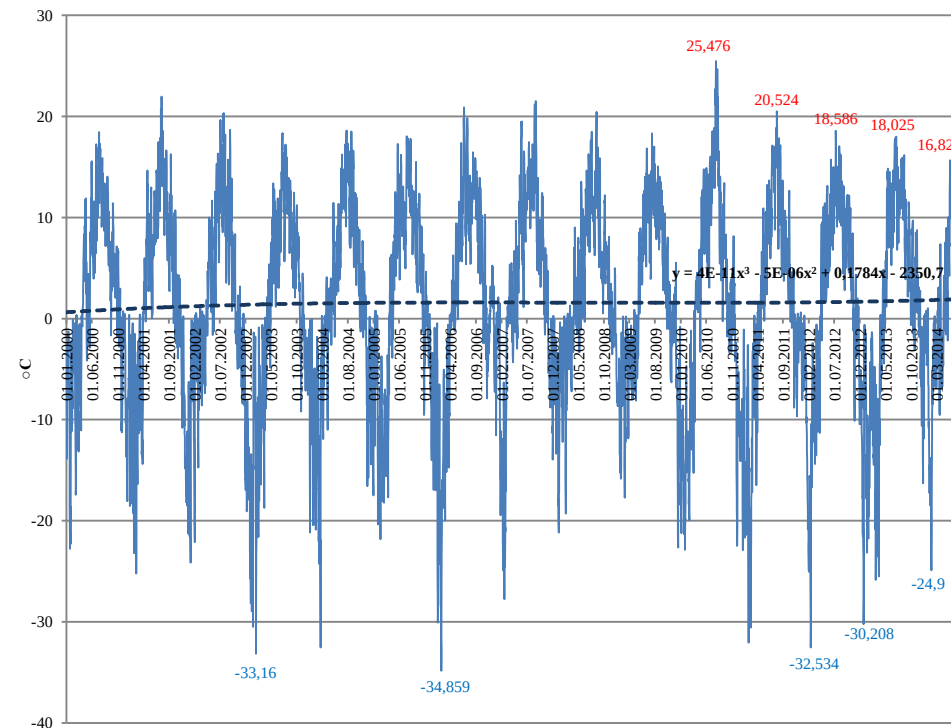
феврале 2012 г. и составили $-24,75^{\circ}\text{C}$, а также в декабре 2012 г., где наиболее холодная температура была на уровне $-23,14^{\circ}\text{C}$, что показывает увеличение температуры на $1,65^{\circ}\text{C}$. В 2014 г. происходит новая волна повышения зимней температуры атмосферного воздуха, так, пиковый уровень, который составлял $-19,28^{\circ}\text{C}$ (29.01.2014), по сравнению с 2012 г. увеличился на $3,82^{\circ}\text{C}$ (рисунок 5 а).

Вариационный ряд многолетних *минимальных температур* приземного воздуха на территории Ярославской области в период с 2000 по 2014 гг. также характеризуется наличием всплесков пиковых (наибольших значений) минимальных температур. В летний период минимальные значения температуры приземного воздуха наиболее теплых дней наблюдались преимущественно в июле на протяжении ряда лет, при этом каждый год значение температуры имело тенденцию к снижению. Наибольшее значение минимальной температуры приземного воздуха, за весь период наблюдений, отмечалось преимущественно в конце июля (29.07.2010) и составляло $+25,48^{\circ}\text{C}$, в 2011 г. эти значения по сравнению с предыдущим годом, снизились на $6,48^{\circ}\text{C}$ и составили $+19^{\circ}\text{C}$. При сравнении наивысших минимальных температур (пиковых уровней) в летний период 2010-2014 гг. наблюдается снижение температуры в среднем на $8,68^{\circ}\text{C}$ (наибольшее значение минимально теплой температуры отмечено в первых числах июля (01.07.2014) и составило $+16,8^{\circ}\text{C}$).

Наибольшие значения минимальных температур в холодный период в основном фиксировался в феврале месяце. В период 2003-2006 гг. были зафиксированы два пиковых значения минимальной температуры приземного воздуха на уровне $-33,16^{\circ}\text{C}$, оба минимума приходились на первые числа февраля. В последующие годы значения минимальной температуры стали увеличиваться (увеличение пиковых значений минимальных температур наблюдалось в среднем на $7,16^{\circ}\text{C}$). Новый пиковый уровень был зафиксирован в феврале 2012 г., когда наибольшее значение минимума составило $-32,53^{\circ}\text{C}$ (13.02.2012), а к концу года (23.12.2012) минимальная зимняя температура увеличилась на $2,32^{\circ}\text{C}$, с дальнейшим увеличением значений к 2014 г. до $5,31^{\circ}\text{C}$ (рисунок 5 б).



(а)



(б)

Рисунок 5 – Изменение максимальной (а) и минимальной (б) температуры приземного воздуха (°C) в Ярославской области в течение 2000-2014 гг. (ежедневные наблюдения)

Примечание: красная линия на рисунке (а) и синяя линия на рисунке (б) – полиномиальный тренд со степенью 3

Источник: по данным Global Weather Data for SWAT, 2015.

Скорость ветра. Скорость ветра является одним из ключевых факторов в процессах рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Учет ветрового режима на рассматриваемой территории является обязательным в математическом моделировании рассеивания загрязнителей и включается во все математические модели, используемые при оценках экспозиционных нагрузок на население и окружающую среду. Устойчивость ветрового режима и штилевая погода способствуют более активной суммации различных химических токсикантов от источников выброса с образованием общего шлейфа загрязнителей, маскируют особенности источников выбросов и затрудняют оценку их приоритетности. Кроме этого, в таких условиях более активно формируются вторичные химические токсиканты, образующиеся в ходе их трансформации при участии других немаловажных факторов свободной атмосферы. Рассмотрим особенности ветрового режима Ярославской области более подробно.

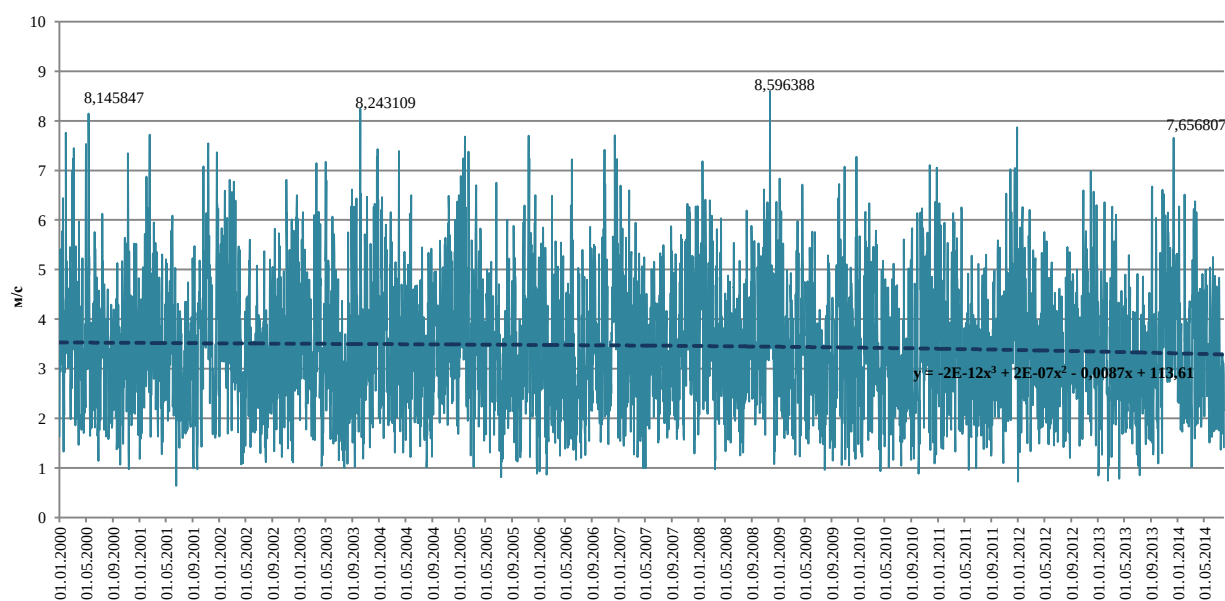


Рисунок 8 – Изменение скорости ветра в Ярославской области за период 2000-2014 гг. (ежедневные наблюдения)

Примечание: зеленая линия на рисунке – полиномиальный тренд со степенью 3

Источник: по данным Global Weather Data for SWAT, 2015

Многолетняя динамика изменений скоростей ветра в Ярославской области в период 2000-2014 гг. характеризуется в среднем легкой силой ветра ($3,45 \pm 0,02$ м/с). При этом имеет место достаточно широкий размах скоростей,

минимальная и максимальная скорость ветра составляет 0,64 – 8,59 м/с соответственно; $\pm 95\%$ ДИ составляет 1,28 и 1,23 соответственно; величина квартильного размаха находится на уровне 1,73.

Максимально наблюдаемые скорости ветра в целом по области в период 2000-2014 гг. составляли более 8,0 м/с (рисунок 6) и в основном наблюдались в осенний период (07.10.2003 – 8,24 м/с, 23.11.2008 – 8,59 м/с). В последующие годы прослеживалась тенденция к незначительному снижению скорости ветра в 2013 г. до 7,66 м/с (13.12.2013), в 2014 г. до 6,38 м/с (21.03.2014).

Среднегодовая скорость ветра в Ярославской области в разрезе населенных пунктов на высоте 10 метров от поверхности земли находится в пределах 1,9-3,1 м/с, наибольшее значение средней скорости ветра наблюдается преимущественно в осенне-зимний период. Наибольшие значения скоростей ветра в течение всего года характерны для с. Брейтово (Брейтовского района) и г. Рыбинска (Рыбинского района). Максимальная скорость ветра (31 м/с) наблюдалась в г. Угличе. Для данной территории характерны сильные ветры (ураганы, смерчи, шквалы), с площадью поражения не выше 4 км². В целом ветровой режим территории области по силе ветра характеризуется как легкий (таблица 7).

Таблица 7 – Скорость ветра по данным метеорологических станций Ярославской области

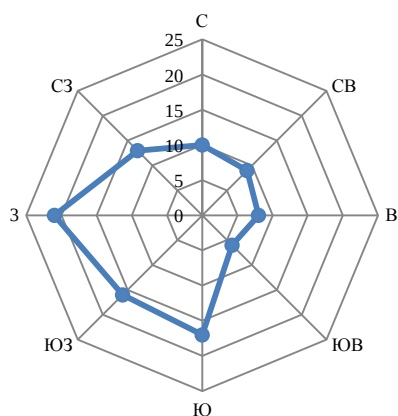
Расположение метеостанции	Среднегодовая скорость ветра (на высоте 10м)	Средняя скорость ветра (м/с)				Максимальная скорость ветра (м/с)
		Зима	Весна	Лето	Осень	
Ярославль	2,0	2,3	2,1	1,6	2,1	18
Брейтово	3,1	3,2	3,2	2,8	3,2	22
Гаврилов-Ям	1,9	2,2	1,9	1,5	2,0	20
Данилов	2,3	2,6	2,4	1,9	2,4	19
Переславль-Залесский	2,0	2,0	2,1	1,6	2,3	20
Пошехонье	2,6	2,9	2,6	2,2	2,8	19
Ростов	2,2	2,4	2,3	1,9	2,3	20
Рыбинск	2,9	3,0	2,8	2,6	3,1	21
Тутаев	2,4	2,6	2,4	1,9	2,4	22
Углич	2,4	2,7	2,2	1,8	2,8	31

В связи с тем, что источники загрязнения атмосферы, как правило, располагаются на определенных локальных территориях, для оценки риска

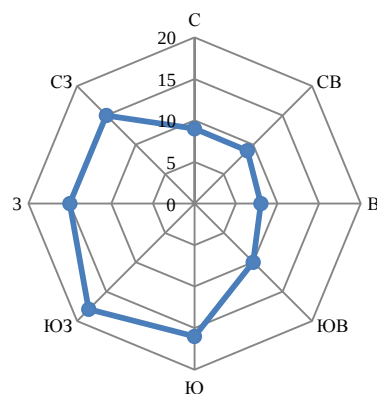
здоровью, и в частности для оценки экспозиции, в математическом моделировании необходимо учитывать местные условия рассеивания, в первую очередь ветровой режим. Территориальные особенности климатических условий определяются тем, что в местах расположения источников выбросов формируется свой индивидуальный микроклимат территории, проявляющийся в индивидуальных характеристиках аэродинамических показателей атмосферы.

Поскольку в данной диссертационной работе оценка риска здоровью населения выполнялась для наиболее крупных локальных территорий и отдельных объектов на территории Ярославской области (г. Ярославль и Ярославский муниципальный район, г. Рыбинск и Рыбинский муниципальный район, Даниловский муниципальный район, Угличский муниципальный район, в качестве дополнительного – Некоузский муниципальный район), рассмотрим индивидуальные характеристики ветрового режима для исследуемых территорий, которые учитывались в математическом моделировании рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в период 2007-2014 гг.

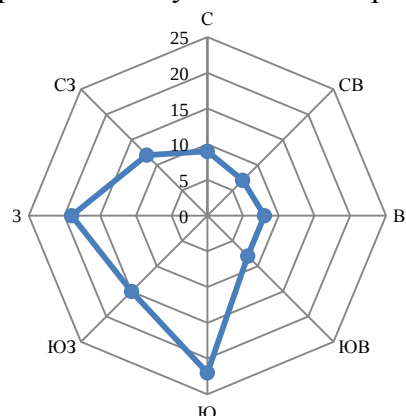
На серии лепестковых диаграмм (рисунок 8), отображающих повторяемость направлений ветра (%), представлены особенности направлений ветра в разрезе муниципальных районов Ярославской области. В целом для рассматриваемых районов преобладающими ветрами являются ветра западного, южного и юго-западного направления. Для г. Ярославля и Ярославского муниципального района характерны западные, южные и юго-западные направления ветра, их повторяемость составляет 21%, 17% и 16 % соответственно; для г. Рыбинска и Рыбинского муниципального района – юго-западные и южные направления ветра, с повторяемостью 18% и 16 % соответственно; для Даниловского муниципального района – западные, южные и юго-западные направления, их повторяемость составляет 20%, 17% и 18 % соответственно; для Угличского муниципального района – южные и западные направления с повторяемостью ветра 22% и 19 % соответственно; для Некоузского муниципального района – южные и западные направления ветра, их повторяемость составляет 20% и 18 % соответственно (рисунок 8).



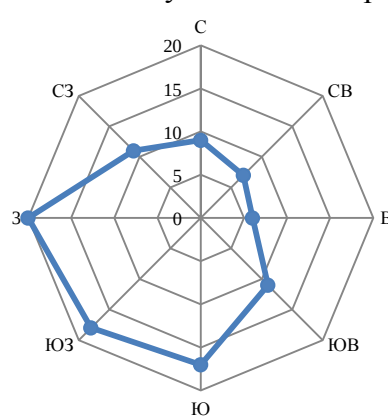
г. Ярославль и
Ярославский муниципальный район



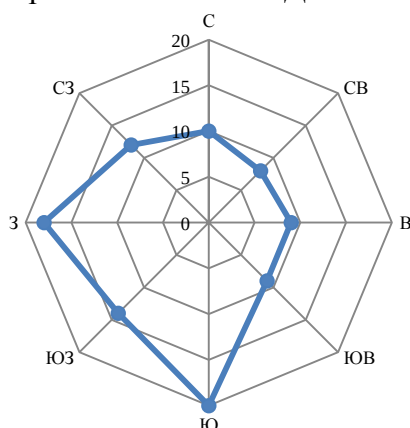
г. Рыбинск и
Рыбинский муниципальный район



Угличский муниципальный район



Даниловский муниципальный район



Некоузский муниципальный район

Рисунок 8 – Повторяемость направлений ветра (в %) в разрезе рассматриваемых муниципальных районов Ярославской области

Источник: данные ЯЦГМС

Что касается штилевой погоды, то данный фактор нуждается в учете, поскольку является неблагоприятным условием атмосферы и способствует накоплению химических токсикантов. По данным ЯЦГМС штилевая погода в г. Ярославле и Ярославском муниципальном районе наблюдается в 23 % всего времени года; в

г. Рыбинске и Рыбинском муниципальном районе штили наблюдались в 6 % всего годового времени; в Даниловском муниципальном районе – в 6 % всего времени года. В целом штилевая погода по рассматриваемым муниципальным образованиям наблюдается достаточно редко, что указывает на отсутствие застойных явлений атмосферы.

Осадки и относительная влажность. В Ярославской области в 2014 г. показатель среднегодовой суммы осадков был зафиксирован на уровне 438 мм и оказался самым низким за последние 5 лет (рисунок 9). В 2014 г. среднегодовая сумма осадков, по сравнению с 2013 г., снизилась на 174 мм. Средняя многолетняя сумма осадков по области составляет 622 мм. За весь рассматриваемый период (1994-2014 гг.) наблюдается волнообразный тренд годового количества осадков, с 2008 г. наблюдается тенденция к снижению данного показателя.

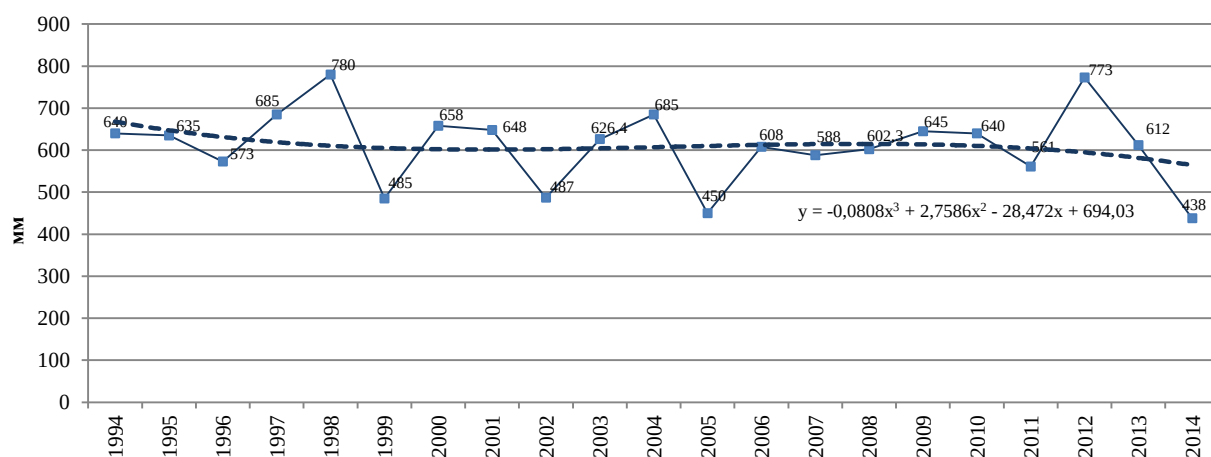
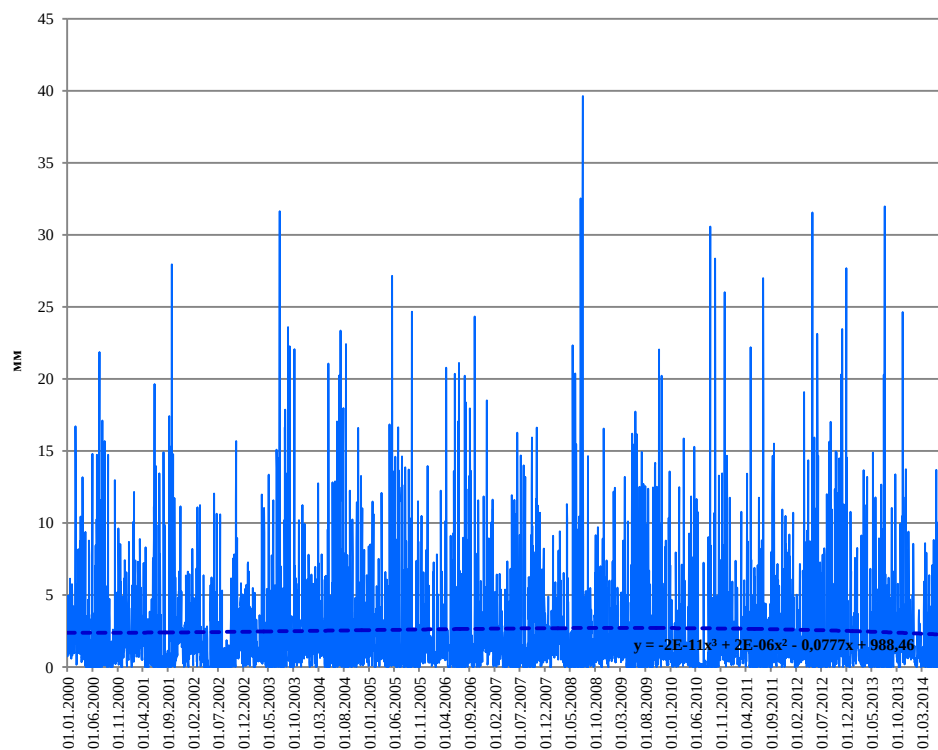


Рисунок 9 – Изменение среднегодовой суммы количества осадков по Ярославской области

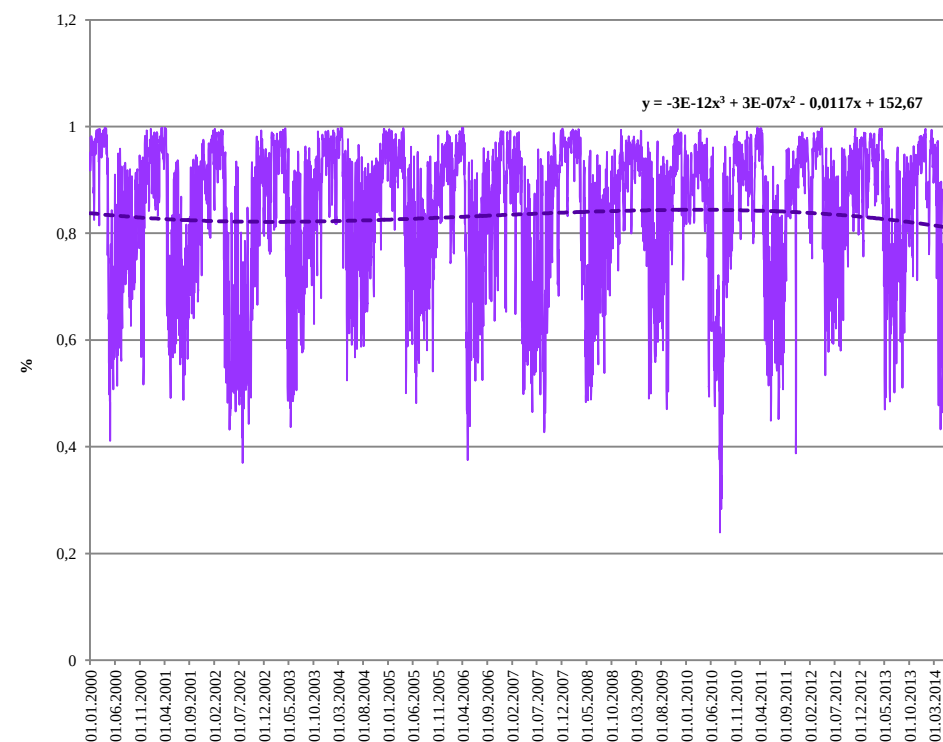
Примечание: голубая линия на рисунке – полиномиальный тренд со степенью 3

Источник: Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области в 1998-2013 гг.; Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году». Версия 20/07/2015.

Анализ временных рядов ежедневных данных климатических переменных, характеризующих режим осадков на территории Ярославской области в период 2000-2014 гг., показывает, что для осадков (мм) и показателя относительной влажности воздуха (%) характерно сезонное увеличение и уменьшение значений с общей тенденцией к снижению показателей (рисунок 10 а, б).



(a)



(б)

Рисунок 10 – Изменение количества ежедневных осадков (а) и относительной влажности воздуха (б) в Ярославской области за период 2000-2014 гг. (ежедневные наблюдения)

Примечание: синяя линия на рисунке (а) и сиреневая линия на рисунке (б) – полиномиальный тренд со степенью 3

Источник: по данным Global Weather Data for SWAT, 2015

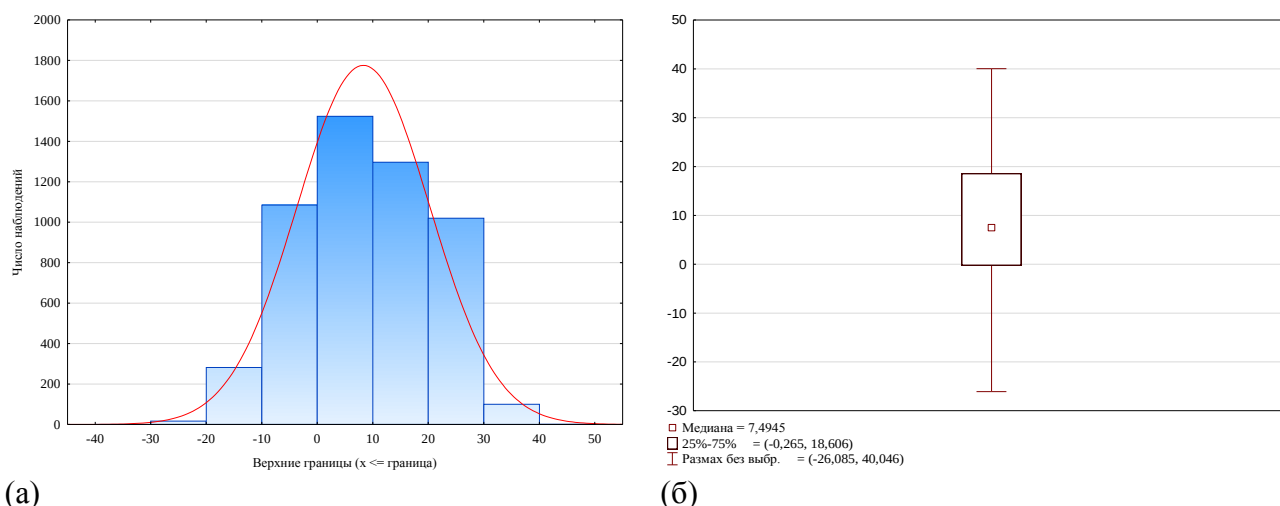
Учет относительной влажности воздуха, особенно в условиях ее высоких значений и сочетанном действии с загрязнением атмосферного воздуха важен для эколого-гигиенической оценки качества среды обитания, поскольку такое условие значительно повышает негативные эффекты на заболеваемость населения, в первую очередь его наиболее чувствительных групп (Фокин, 1996). Рассмотрим характеристику статистических показателей основных климатических параметров.

Оценка гипотезы о соответствии нормальности распределения значений переменных и результаты анализа дескриптивной статистики. Для выбора показателей дескриптивной статистики, а также оценочных корреляционных критериев, был выполнен анализ результатов оценки гипотезы о соответствии нормальности распределения значений максимальной и минимальной температуры приземного воздуха, скорости ветра, относительной влажности, суммарной солнечной радиации, а также количества осадков (таблица 9).

Таблица 9 – Оценка гипотезы о нормальном распределении основных климатических параметров

Наименование параметра	Критерий Колмогорова-Смирнова		Критерий Лиллиефорса
	d	p	
Максимальная температура атмосферного воздуха	0,088	< 0,01	< 0,01
Минимальная температура атмосферного воздуха	0,053	< 0,01	< 0,01
Суммарная солнечная радиация	0,150	< 0,01	< 0,01
Скорость ветра	0,040	< 0,01	< 0,01
Относительная влажность	0,127	< 0,01	< 0,01
Количество осадков	0,246	< 0,01	< 0,01

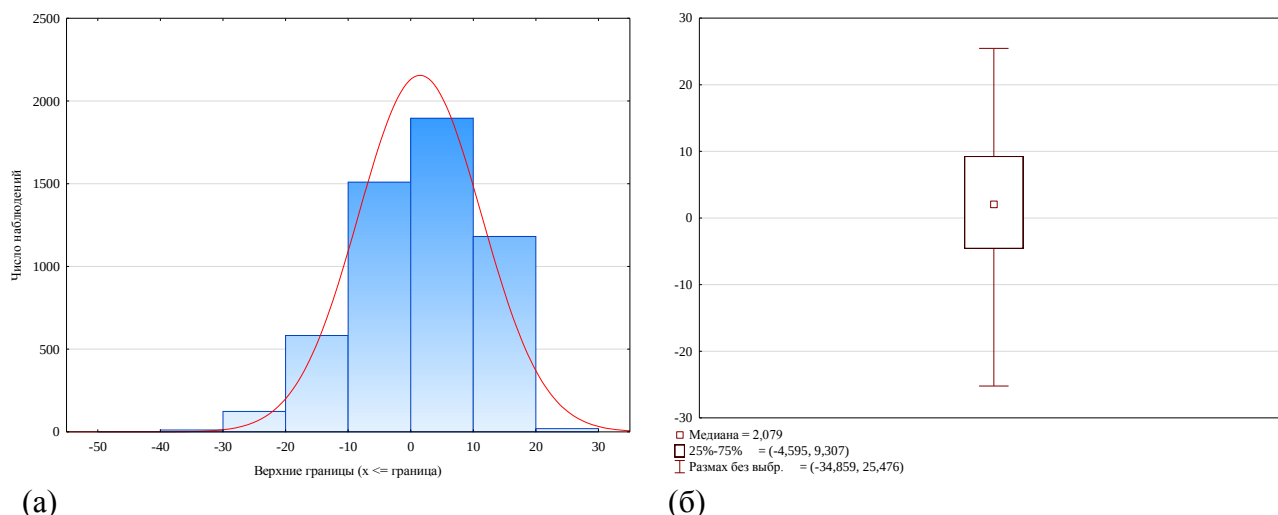
Результаты оценки гипотезы о соответствии нормальности распределения значений максимальной температуры за 15 летний период показывают, что уровни d-статистики отвергают гипотезу о нормальном распределении данных (таблица 9, рисунок 11 а).



(а) Рисунок 11 – Гистограмма распределения частот значений (а) и диаграмма разброса значений максимальной приземной температуры атмосферного воздуха (б)

Учитывая характер распределения значений *максимальной температуры*, в качестве показателей дескриптивной статистики приняты медиана, верхняя и нижняя границы 95 % доверительного интервала ($\pm 95\%$ ДИ), 25 % – 75 % процентиля, квартильный размах, дисперсия. Результаты статистического анализа максимальной летней температуры показывает следующее. Значение медианы максимальной температуры за период 2000-2014 гг. составляет $7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\pm 95\%$ ДИ равен $8,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно; величина 25 % процентиля была на уровне $-0,265\text{ }^{\circ}\text{C}$, а 75 % процентиля на уровне $18,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Выборка многолетней максимальной температуры характеризуется полимодальностью, с частотой моды – 4, квартильный размах составляет – 18,87; дисперсия – 143,2 (рисунок 11 б).

Анализ результатов оценки особенностей распределения значений *минимальной температуры* приземного воздуха по уровню d-статистики, показывает неподчинение закону нормального распределения переменных (таблица 9, рисунок 12 а).



(а) (б)
Рисунок 12 – Гистограмма распределения частот значений (а) и диаграмма разброса значений минимальной приземной температуры атмосферного воздуха (б)

Дескриптивная статистика описывает многолетние (2000-2014 гг.) показатели минимальной температуры следующим образом: медиана минимальной температуры приземного воздуха равна $2,079^{\circ}\text{C}$; $\pm 95\%$ ДИ составляет $1,221^{\circ}\text{C}$ и $1,751^{\circ}\text{C}$ соответственно; величина 25% и 75% процентилей находятся на уровне $-4,595^{\circ}\text{C}$ и $9,307^{\circ}\text{C}$ соответственно. Выборка многолетней минимальной температуры характеризуется полимодальностью с частотой моды – 3; квартильный размах многолетних рядов данных равен – 13,90; дисперсия – 97,1 (рисунок 12 б).

Выборка значений *скорости ветра* за 14-летний период, с учетом данных гистограммы распределения и показателей d-статистики, имеют двоякую интерпретацию, гистографически, распределение значений скорости ветра подчиняются закону нормального распределения, однако показатели d-статистики значительно меньше критического уровня значимости (таблица 9). В то же время, рассматриваемые показатели d-статистики обладают не столь большой мощностью, чтобы играть решающую роль в принятии или не принятии гипотезы. Таким образом, в данном случае целесообразно принять гипотезу (рисунок 13 а).

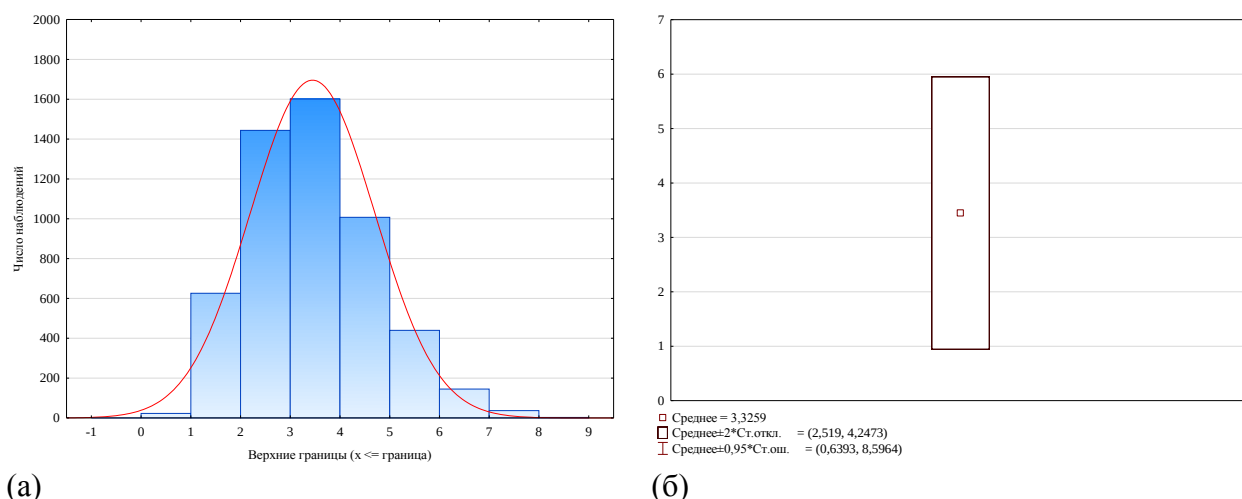


Рисунок 13 – Гистограмма распределения частот значений (а) и диаграмма разброса значений скорости ветра, м/с (б)

Показатели дескриптивной статистики описывают меры среднего уровня следующим образом: среднее значение скорости ветра со стандартной ошибкой составляет $3,447 \pm 0,017$ м/с; значение $\pm 95\%$ ДИ составляет 3,413 и 3,481 м/с соответственно; стандартное отклонение – 1,153 м/с (рисунок 13 б).

Уровни d-статистики отвергают гипотезу о нормальности распределения значений *относительной влажности* (таблица 9, рисунок 14 а).

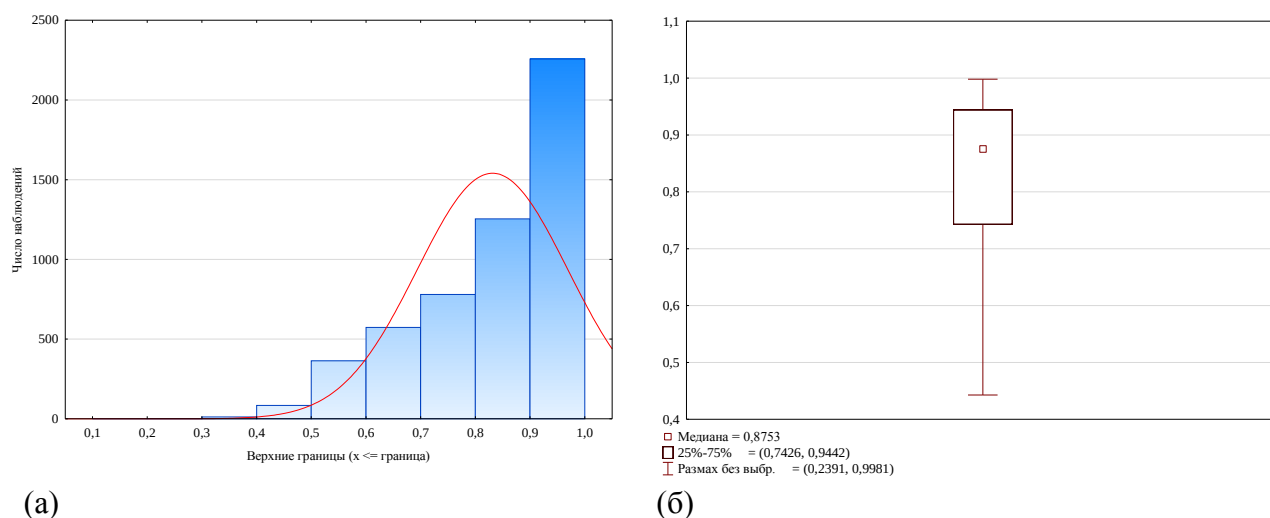


Рисунок 14 – Гистограмма распределения частот значений (а) и диаграмма разброса значений относительной влажности, % (б)

Выборка значений, характеризующих уровень *осадков* за 14-летний период, с учетом показателей d-статистики, также является ненормально распределенной, о чем свидетельствует критерий Колмогорова-Смирнова, с поправкой

Лиллиефорса, а также гистограмма распределения частот значений количества осадков (таблица 9, рисунок 15 а).

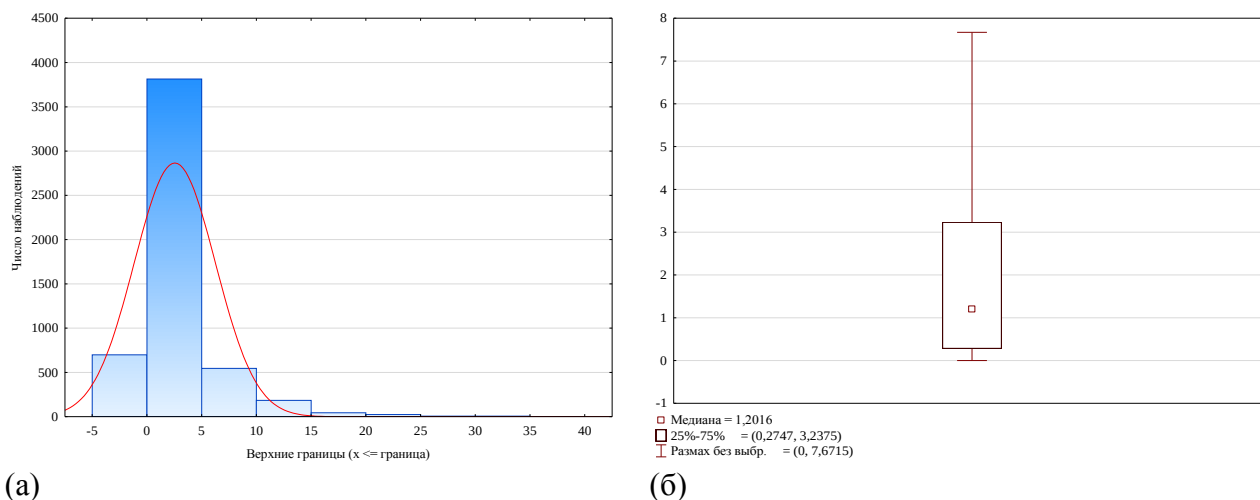


Рисунок 15 – Гистограмма распределения частот значений (а) и диаграмма разброса значений количества осадков, мм (б)

Значение медианы многолетней выборки величин осадков составляет 1,20 мм, относительной влажности – 0,875 % (рисунок 15 б), квартильный размах величин осадков и относительной влажности воздуха равен 2,962 и 0,201 соответственно.

Учитывая ненормальность распределения выборки относительной влажности и осадков для оценки зависимостей данных показателей в отношении других рассмотренных выше климатических переменных, выполнен корреляционный анализ Спирмена (R), результаты которого показали, что величина осадков практически не зависит ни от температурного, ни от ветрового режимов и относительной влажности (рисунок 16).

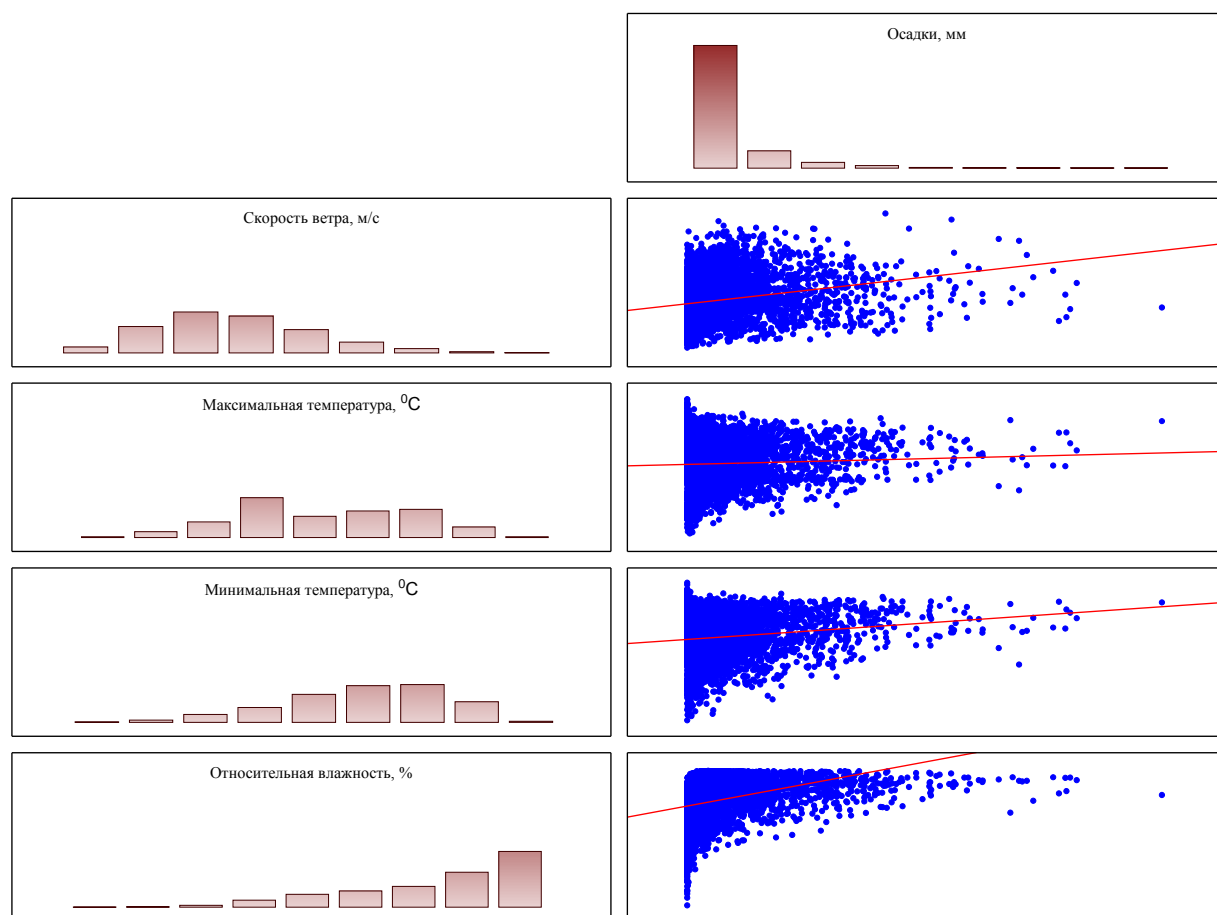


Рисунок 16 – Диаграмма рассеивания для нескольких переменных, характеризующих корреляционные связи между величинами количества осадков, температурного и ветрового режимов, а также относительной влажностью

Несколько другая корреляционная картина наблюдается в отношении относительной влажности, температурного режима и количества осадков, корреляционные связи с максимальной и минимальной температурами приземного воздуха имеют отрицательные достоверные средние связи ($R = -0,63$; $p = 0,00$ при $t(N-2)$ равным $-59,03$ и $R = -0,52$; $p = 0,00$ при $t(N-2)$ равным $-44,19$ соответственно), с количеством осадков ($R = 0,56$; $p = 0,00$ при $t(N-2)$ равным $50,1$). Взаимосвязь со скоростью ветра не показывает четкой корреляционной картины ($R = 0,22$; $p = 0,00$ при $t(N-2)$ равным $16,7$).

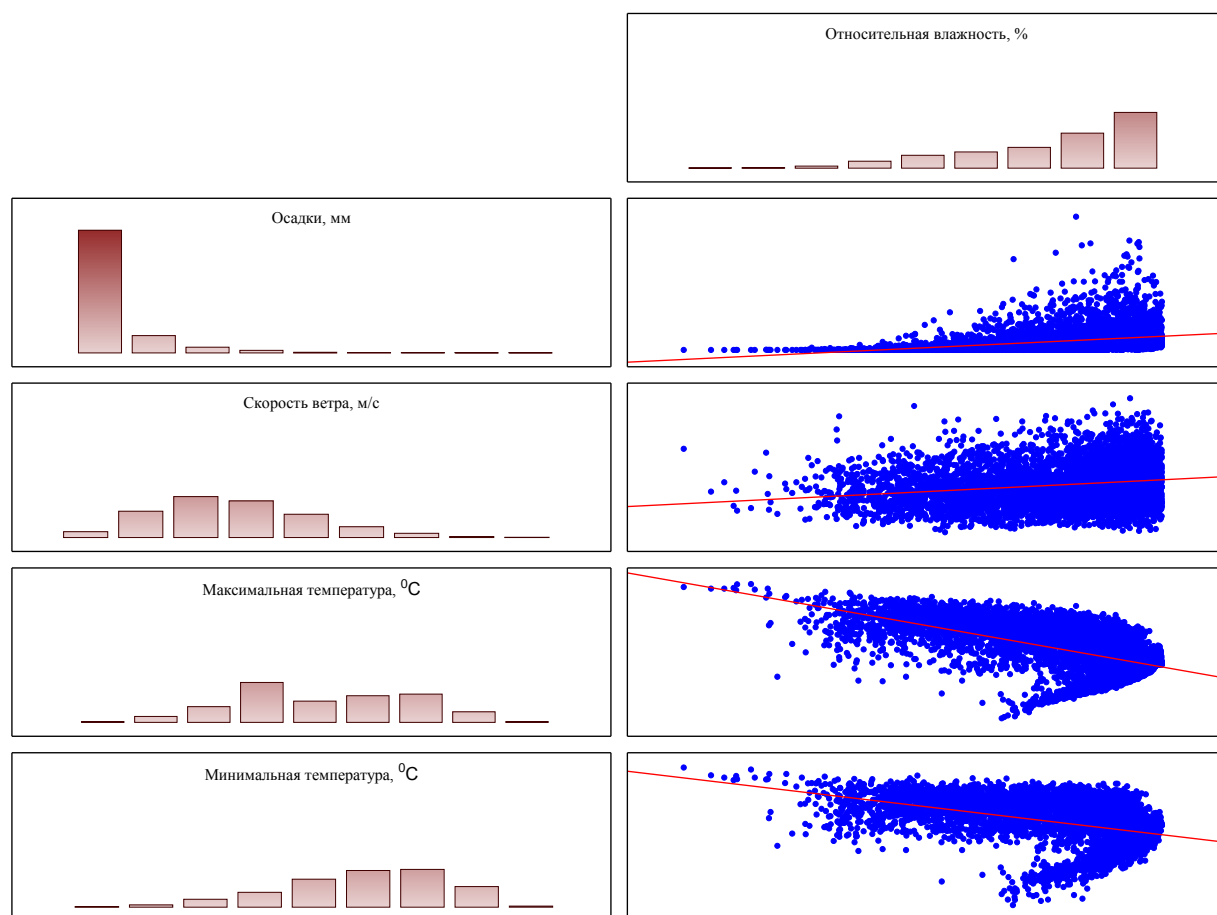


Рисунок 17 – Диаграмма рассеивания для нескольких переменных, характеризующих корреляционные связи между величинами относительной влажности, температурного и ветрового режима, а также количеством осадков

Результаты исследования подтверждают более активную климатическую роль относительной влажности воздуха в определении качества атмосферного воздуха и соответственно вероятных экспозиционных нагрузок при воздействии химических токсикантов (рисунок 17).

В целом для Ярославской области в период 2000-2014 гг. климатическая картина показывает достаточно ровную динамику практически по всем рассматриваемым показателям (рисунок 18). Заметны незначительные колебания средних значений количества осадков, максимум которых наблюдался в 2004, 2009 и 2012 гг. В последние годы отмечается увеличение максимальной и минимальной температуры приземного воздуха. В 2014 г., по сравнению с 2013 г., максимальная температура увеличилась на $+0,9^{\circ}\text{C}$, минимальная – на $+0,2^{\circ}\text{C}$. Следует обратить внимание на динамику показателя суммарной солнечной

радиации. До 2007 г. уровень суммарной солнечной радиации имел достаточно ровную динамику, с 2008 г. наблюдался постепенный рост уровней солнечной радиации и к 2014 г. величина данного показателя имела максимальное значение за весь период наблюдений (13,308 МДж/м²), по сравнению с 2013 г. уровень солнечной радиации увеличился на 2,2 МДж/м².

Осадки, мм = $2,2382 + 0,1541 \cdot x - 0,0114 \cdot x^2$; Скорость ветра, м/с = $3,5234 - 0,0188 \cdot x + 0,0001 \cdot x^2$; Солнце, МДж/м² = $10,1437 - 0,2582 \cdot x + 0,0287 \cdot x^2$; Tmax, °C = $8,6695 - 0,1607 \cdot x + 0,0133 \cdot x^2$;
Tmin, °C = $8,6695 - 0,1607 \cdot x + 0,0133 \cdot x^2$; Tmin, °C = $1,8481 - 0,1016 \cdot x + 0,0053 \cdot x^2$; Отн. влажность, % = $0,8102 + 0,0104 \cdot x - 0,0008 \cdot x^2$

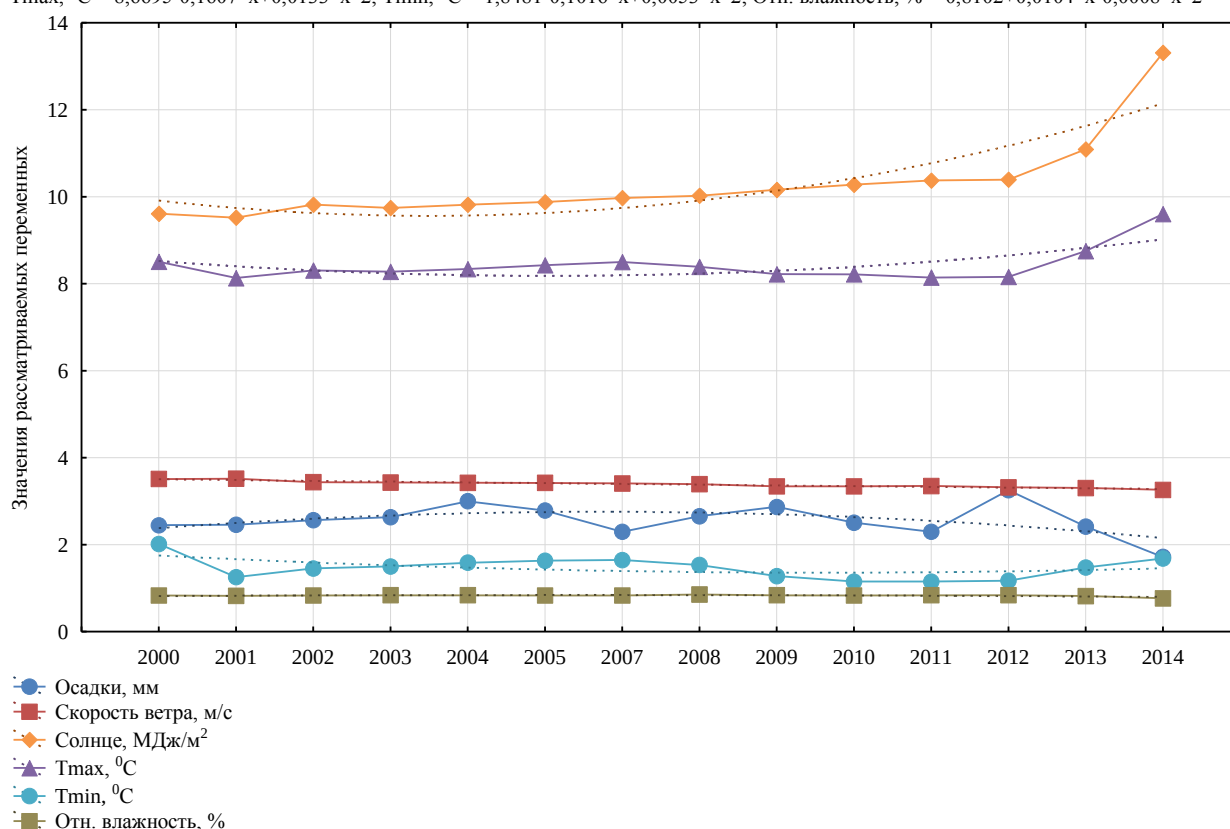


Рисунок 18 – Среднемноголетняя динамика основных климатических показателей в период 2000-2014 гг.

Примечание: Осадки—количество осадков, Солнце—суммарная солнечная радиация

Особенности рельефа. Рельеф Ярославской области полностью зависит от положения области на Русской равнине и имеет равнинно-всхолмленный характер ее поверхности. Это позволяет обеспечивать достаточно хорошую продуваемость ветрами, включая холодные арктические и континентальные ветра, а также предоставляет доступ для атлантических влажных теплых воздушных масс. Рельеф представлен следующими основными типами: (1) тектонически обусловленные низины, связанные с опускающимися участками земной коры, (2) равнина

основной морены, (3) полоса конечно-моренного рельефа и (4) ленты долинно-террасового рельефа.

Равнина основной морены слагает Угличскую и Даниловскую возвышенности. Абсолютные отметки колеблются от 100 до 130 м в понижениях и от 160 до 225 м на холмах. Наивысшей точкой на территории области, является точка гряды Угличской возвышенности – Тархов холм (292 м). Полоса конечно-моренных образований занимает южную часть области к югу от реки Устье и озера Неро. Сюда относятся Борисоглебская возвышенность, северный склон Клинско-Дмитровской возвышенности и полоска котловидно-холмистого рельефа, восточнее Волжско-Нерльской низины. Поверхность здесь холмистая, с большими абсолютными высотами. Низины занимают около 1/4 территории области. Они имеют тектоническое происхождение. Абсолютные отметки низин не превышают 100 м. К ним относятся Молого-Шекснинская, Ярославско-Костромская, Ростовская и Волжско-Нерльская низины (Горохова, Маракаев, 2009). Современный рельеф сформировался в результате аккумулятивной деятельности московского ледника и его талых вод; мощность пород составляет 100 м, они состоят из валунных суглинков и различных песков.

Почвы. В зависимости от рельефа, состава материнских пород, степени развития почвенных процессов и увлажнения, в Ярославской области определяются конкретные типы почв. К основным типам относятся дерново-подзолистые и болотные, со значительным количеством разновидностей. Образование дерново-подзолистых почв связано с кислыми свойствами материнских пород, преобладанием древесной растительности в прошлом и климатическими условиями. Кислотность дерново-подзолистых почв высокая. Для южных районов Ярославской области характерно развитие дернового процесса почвообразования, формирование серых лесных почв, что связано с достаточно большим содержанием извести в материнских породах и развитым травостоем. Также в области имеют распространение луговые аллювиальные почвы, формируемые в условиях поемного режима, по долинам рек, в результате

регулярного отложения на поверхности поймы слоев свежего речного аллювиального выноса разного гранулометрического состава. По качеству плодородия луговые аллювиальные и серые лесные почвы обладают высоким естественным плодородием. В северо-восточных районах Ярославской области – Любимском, Даниловском, Первомайском, распространены глинистые и тяжелосуглинистые разновидности дерново-подзолистых почв. Наибольшее распространение в области имеют средне-суглинистые дерново-подзолистые почвы. Они слагают крупные массивы в западном, центральном и южном районах. Супесчаные и песчаные почвы встречаются на участках, тяготеющих к реке Волге (Горохова, Маракаев, 2009).

Флористический состав. Современная флора Ярославской области представлена 1042 видами сосудистых растений, которые относятся к 446 родам и 104 видам (Богачев, 1968; Определитель..., 1961, 1986). Основную часть флористического разнообразия области составляют травянистые растения (95 %). Деревья и кустарники, кустарнички и полукустарнички составляют вместе 5 %. Экологический состав флоры характеризуется преобладанием мезофитов – 59 % (Горохова, Маракаев, 2009). Современная растительность области в основном представлена лесной и болотной растительностью.

В ботанико-географическом отношении территория Ярославской области входит в состав Восточно-Европейской провинции Циркумбореальной области Голарктического царства (Тахтаджян, 1978; Борисова, 2002). Уровень средней лесистости территории области составляет 45,1 %, лесопокрытая площадь занимает 1632,2 тыс. га (без учета вырубок, болот). Основными лесообразующими породами из хвойных пород являются ель европейская (*Picea abies* (L.), 1881) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L., 1753). Мелколиственные леса представлены березой повислой (*Betula pendula* Roth), осиной (*Populus tremula* L., 1753), ольхой серой (*Alnus incana* (L.) Moench, 1794). Из твердолиственных пород на юге области произрастает дуб (*Quercus robur* L., 1753) на площади 1,7 га.

Наибольшее распространение имеют ельники-зеленомошники, включая их ассоциации: ельники кисличные, ельники черничные и ельники брусничные. В южных районах области встречаются сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), звездчатка дубравная (*Stellaria nemorum* L.), овсяница гигантская (*Festuca gigantea* (L.) Vill., 1787), зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* (L.) L., 1759). В подзоне южной тайги (Пошехонском, Рыбинском, Любимском районах) распространены сложные ельники, в которых хорошо выражен подлесок из лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.), клена платановидного (*Acer platanoides* L., 1753) и бересклета бородавчатого (*Euonymus verrucosus* Scop., 1771). В древостое, наряду с елью европейской (*Picea abies* (L.) H.Karst., 1881), имеются дуб черешчатый (*Quercus robur* L., 1753) и липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill., 1768), а травяно-кустарничковый ярус образован как неморальными, так и бореальными элементами. Сосновые леса произрастают на сухих песчаных почвах и приурочены, главным образом, к правобережным участкам Волги от Углича до Рыбинска, а также к Некрасовской и Волжско-Костромской низинам. Среди сосняков встречаются беломошные, зеленомошные, долгомошные, сфагновые, сложные, неморальные и травяные группы ассоциаций. Смешанные леса распространены в южной части области, характеризуются хорошим развитием широколиственных пород – дуба, липы, клена, вяза. Более половины лесопокрываемой площади области занимают мелколиственные леса из березы повислой (*Betula pendula* Roth), осины (*Populus tremula* L., 1753) и ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench, 1794) (Бурлаков, 1984, 1990; Горохова В.В., Маракаев О.А., 2009).

Большую роль во флористической характеристике Ярославской области играют инвазионные виды растений. Биологические инвазии представляют серьезные угрозы, как биологическому разнообразию, так и здоровью населения, нанося при этом значительный экономический ущерб. В первую очередь это касается значимости и использования флористических исследований в процедурах оценки риска здоровью населения, результаты исследований

необходимо учитывать при оценке аэрогенных рисков, а также при изучении эколого-зависимой заболеваемости, особенно в наиболее чувствительных группах населения. Цветущие растительные сообщества являются приоритетным фактором риска увеличения заболеваемости аллергического генеза. В ряде случаев аллергозы приобретают эпидемический характер, значительно снижая качество жизни трудоспособного населения и проявляя себя как провоцирующие агенты других экологически обусловленных заболеваний, в первую очередь органов дыхания. Пыльцевые аллергозы имеют региональные особенности распространения, которые зависят от ряда факторов, значимыми из которых являются климатические и эколого-географические характеристики региона и определяющие условия их распространения (Габрук, Дейнека, Лабунская, 2004), что также характерно и для Ярославской области.

По мнению Тремасовой Н.А., Борисовой М.А., Борисовой Е.А. (2012) высокая урбанизация Верхневолжского региона в целом, и в частности более 40 % площади с антропогенно трансформированной территории области «...определяет высокий уровень видового богатства адвентивной флоры изучаемого региона и высокие темпы ее динамики». По данным Борисовой М.А. (2012), на территории Ярославской области зарегистрирован 361 адвентивный вид сосудистых растений, которые относятся к 2 отделам, 3 классам, 53 семействам и 218 родам (Борисова, 2012). Особенности атлантико-континентальной области умеренного пояса, который характерен для Ярославской области с его влажностью и умеренным температурным режимом, позволили натурализоваться 230 видам растений. По данным ученых-ботаников Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова и Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского, в составе флоры Ярославской области выявлен 41 инвазионный вид.

Рассмотрим наиболее распространенные инвазионные виды растений Ярославской области. Данная группа насчитывает 26 видов, причем для них характерна неравномерность распространения по территории Ярославской области. Большинство видов произрастают на территориях с различной степенью

нарушенности, вытесняя аборигенные виды и изменяя структуру экосистем. Основные инвазионные виды растений Ярославской области представлены: *Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Bidens frondosa*, *Echinocystis lobata*, *Elodea canadensis*, *Heracleum sosnowskyi*, *Hippophaë rhamnoides*, *Lypinus polyphyllus*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Calystegia inflata*, *Cerasus vulgaris*, *Conyza canadensis*, *Crataegus sanguinea*, *Epilobium adenocaulon*, *Helianthus tuberosus*, *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, *Lactuca serriola*, *Lavatera thuringiaca*, *Lepidium densiflorum*, *Malus domestica*, *Oenothera rubricaulis*, *Puccinellia distans*, *Sambucus racemosa*, *Saponaria officinalis*.

К наиболее агрессивным видам растений, изменяющих экосистему, нарушающих сукцессионные связи, а также обладающих доминирующими качествами являются: *Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Bidens frondosa*, *Echinocystis lobata*, *Elodea canadensis*, *Heracleum sosnowskyi*, *Hippophaë rhamnoides*, *Lypinus polyphyllus*, *Solidago canadensis* и *S. gigantea*. Опасными карантинными видами растений (сорными растениями) в области, в первую очередь являются *Ambrosia artemisiifolia* L., *A. trifida* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen (Борисова, 2012) , которые обладают возможностью создания высоких рисков (De manifestis) развития аллергозов по типу поллиноза. Амброзиевые являются североамериканскими представителями, распространенными в аридных районах юго-запада Северной Америки и доминирующие в рудеральных сообществах.

Патогенетический механизм развития поллиноза при воздействии пыльцы амброзиевых связан с особенностью строения пыльцевых зерен, в частности наличия больших воздушных камер. Это значительно увеличивает загрязненность атмосферного воздуха и возможную экспозиционную нагрузку на население.

В целом, по мнению Аистовой Е.В. (2010), устойчивость адвентивных растений в фитоценозах связана с «...набором биоморфологических приспособлений на организменном, популяционном и фитоценоотическом уровнях...», что позволяет им использовать эффективные адаптационные механизмы и удерживать «...прочные

позиции в фитоценозах...», а высокая устойчивость к экстремальным условиям и «...длительное сохранение их жизнеспособности и самоподдержания...» связана с высокой семенной продуктивностью (Аистова, 2010).

3.2. Экономико-географическая характеристика Ярославской области

Начальный этап исследований по оценке риска здоровью населения – идентификация опасности, предусматривает анализ территориально-отраслевой специфики Ярославской области. Промышленная характеристика исследуемой территории играет ключевую роль в построении сценариев воздействия, а также определения специфичных химических загрязняющих веществ. Проработка данного вопроса важна также в связи с тем, что рассматриваемая территория имеет староосвоенный характер с достаточно глубокой историей промышленного становления региона. Это способствовало формированию в области экспозиционной нагрузки от негативных промышленных воздействий на окружающую среду и на здоровье населения. Промышленное становление области берет начало еще со времен Петра I. Первой промышленной отраслью была текстильная, в частности имело место развитие льнопрядения и льноткачества. Эволюция освоения территории и промышленного становления Ярославской области представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Эволюция освоения территории и промышленного становления Ярославской области

IX-XII вв.	Первоначальное освоение территорий	Развитие охоты, рыболовства, а затем земледелия и скотоводства
XIII-XIV вв.	славянами	Пашенное земледелие, скотоводство, рыболовство
XV-XVI вв.	Развитие ремесел и торговли	Изготовление полотна, обработка кожи, солеварение, гончарный, кузнечный промыслы
XVIII век	Промышленный расцвет области	Переход от ремесел к мануфактуре. Основание крупных предприятий – Большой Ярославской мануфактуры, текстильных предприятий в Переславле-Залесском, Ростове, Угличе и др.
XIX век	Массовое развитие отхожих промыслов	Рост торгового земледелия (картофелеводства, овощеводства) и животноводства
XX век	Индустриализация	Создание современных крупных предприятий и отраслей

Источник: по материалам <http://www.vspu.ac.ru/~mog/interex/yar/index.htm>

Территориально-отраслевая структура Ярославской области последовательно складывалась в результате воздействия на нее различных объективных и субъективных факторов исторического, экономико-географического, природноресурсного, экономического, экологического характера, транспортной составляющей и др. (Селищев, 2012). В современном варианте Ярославская область входит в число развитых в промышленном отношении регионов Российской Федерации с доминированием производств индустриального типа. Здесь расположены предприятия машиностроения и металлообработки, химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслей, энергетики и теплоэнергетики, легкой и пищевой промышленности. Всего в области насчитывается 46 884 предприятия и организации¹⁴.

Анализ распределения организаций по видам экономической деятельности на территории Ярославской области показал, что наибольшее количество статистически учтенных организаций относятся к строительной и обрабатывающей отраслям, а также транспорту и связи, сельскому и лесному хозяйствам (рисунок 10). Как правило, такие организации, несмотря на их многочисленность, представляют собой малые и средние формы предпринимательской деятельности, которые имеют невысокие классы опасности (не выше 3 класса опасности) и не имеют особой приоритетности в формировании качества атмосферного воздуха. В связи с этим, учитывая статистические особенности представления данных об организациях по видам экономической деятельности, на этапе идентификации опасности требуется сопоставлять официальные статистические данные с экологическими и гигиеническими характеристиками объектов в отраслевом разрезе. Распределение организаций по видам экономической деятельности представлено на рисунке 19.

¹⁴ По состоянию на 1 июля 2015 г.



Рисунок 19 – Распределение организаций по видам экономической деятельности (по состоянию на 1 июля 2015 г.)

Источник: по материалам Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Ярославской области, 2015

Что касается экономической оценки деятельности региона, то промышленный сектор дает более 30% ВРП (валовый региональный продукт), или свыше 50% налогов в бюджет Ярославской области¹⁵. Индекс промышленного производства в 2013 г. по сравнению с 2012 г. составил 98,5 %, что на 1,9 процентных пунктов ниже, чем в целом по РФ (100,4 %). Индекс производства в добыче полезных ископаемых – 111,2 %; в обрабатывающих производствах – 98,4 %; в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды – 98,6 %. (Доклад..., 2014). Что касается региональных особенностей экономико-географического положения территории, то, по мнению Селищева Е.Н. (2012), на территории Ярославской области сформированы два внутриобластных ареала социально-экономического развития. Первый ареал – волжский пространственный «коридор», сформированный за счет селитебных предпочтений, и являясь в большей степени пойменного типа расселения, имеет социально-экономический приоритет. Второй вариант внутриобластного ареала – транзитный меридиональный, характеризующийся расположением

¹⁵ По данным департамента промышленной политики Ярославской области

экономических центров области преимущественно вдоль автотранспортных магистралей и железнодорожных путей меридионального направления. Территориально-отраслевая характеристика Ярославской области по ареалам социально-экономического развития показывает, что в первый вариант ареала входят все крупные промышленные центры и муниципальные образования области, где сосредоточены стратегически важные промышленные комплексы, которые имеют сложную структуру экономики и развитую сферу услуг (рисунок 20, голубая часть матрицы). Второй вариант ареала включает периферийные территории Ярославской области, где имеет место экономическое ограничение и преобладание промышленно-аграрной деятельности, что в значительной мере уступает возможностям центральных районов. Однако в последние годы периферийные территории начинают постепенно выходить из стагнационного состояния за счет активизации туристско-рекреационной отрасли (рисунок 20, зеленая часть матрицы).

Данный анализ позволил сориентироваться в пространственно-отраслевой специфике Ярославской области и определить ведущие отрасли области, которые могут вносить существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха, а также выполнить оценку типичных компонентов выбросов от источников на территории области в отраслевом разрезе.

	Ярославль, Ярославский р-н	Рыбинск, Рыбинский р-н	Тутаев, Тутаевский р-н	Углич, Угличский р-н	Мышкин, Мышкинский р-н	Некрасовское, Некрасовский р-н	Переславль- Залесский, Переславский р-н	Ростов Великий, Ростовский р-н	Гаврилов-Ям, Гаврилов- Ямский р-н	Данилов, Даниловский р-н	Любим, Любимский р-н	Пречистое, Первомайский р-н
Машино- строение												
Пищевая												
Топливо- энергетиче- ская												
Химическая и нефтехими- ческая												
Текстильная												
Лесная и дерево- обрабаты- вающая												
Туризм												

Рисунок 20 – Территориально-отраслевая матрица Ярославской области

Примечание: голубая область матрицы относится к ареалу волжского пространственного «коридора», зеленая часть матрицы – к транзитному меридиональному ареалу

3.3. Типичные компоненты выбросов от источников лидирующих отраслей на территории Ярославской области и их потенциальная опасность здоровью населения

С целью определения перечня приоритетных для последующих исследований потенциально вредных химических соединений первоначально составляется максимально полный список всех химических веществ, способных воздействовать на население на исследуемой территории. В качестве приоритетных отраслей промышленности, для которых выполнялись медико-экологические исследования, отобраны следующие: топливно-энергетические предприятия, включая газораспределительные станции, полигоны промышленных и твердых бытовых отходов, химические и нефтехимические предприятия, предприятия шинного производства, предприятия по производству синтетических полимерных материалов, предприятия пищевой промышленности и машиностроительной отрасли. Рассмотрим обобщенную характеристику типичных компонентов выбросов химических токсикантов в атмосферный воздух (таблицы 11 – 19).

Топливо-энергетическая отрасль. Предприятия топливно-энергетических отраслей оказывают существенное негативное влияние на экологическую обстановку, как в целом в регионах Российской Федерации, так и в Ярославской области, в частности. Типичными компонентами выбросов в атмосферу являются: оксиды азота, оксиды углерода и серы, мазутная зола ТЭС, сажа, бенз/а/пирен. Основная часть рассматриваемых загрязняющих веществ относится к 3 классу опасности, один загрязнитель (бенз/а/пирен) относится к 1 классу опасности, кроме этого данный загрязнитель является типичным канцерогеном (таблица 11).

Таблица 11 – Классификация выбросов теплоэнергетических компаний

Код	Название (формула) соединений	ПДК _{м.р.} ПДК _{с.с.} ОБУВ мг/м ³	Класс опасности
0301	Диоксид азота NO ₂	0,200 0,040	3
0304	Оксид азота NO	0,400	3

		0,060	
0337	Оксид углерода CO	5,000 3,000	4
0330	Оксиды серы в пересчете на диоксид (сернистый ангидрид) SO ₂	0,500 0,050	3
2904	Мазутная зола ТЭС (в пересчете на ванадий)	0,002 с.с	2
2908	Зола твердого топлива	0,300 0,100	3
0328	Сажа	0,150 0,050	3
2902	Угольная пыль	0,500 0,150	3
0703	Бенз(а)пирен	0,000001 с.с	1

Отдельно рассмотрим выбросы от источников газораспределительных станций (ГРС). Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферный воздух, являются: метан, бенз/а/пирен, оксиды азота, углерода и серы. При эксплуатации ГРС, допускаются выбросы природного газа (включающие одорант – смесь природных меркаптанов, если газ поступает одорированным), величина которых зависит от состава и типа установленного технологического оборудования. В основном, типичные загрязнители ГРС – это вещества 3 класса опасности, один загрязнитель (бенз/а/пирен) относится к 1 классу опасности (таблица 12).

Таблица 12 – Классификация выбросов газораспределительных станций

Код	Название (формула) соединений	ПДК _{м.р.} ПДК _{с.с.} ОБУВ мг/м ³	Класс опасности
0410	Метан	50,0 ОБУВ	2
1716	Одорант-СПМ	0,00005 м.р	3
0301	Диоксид азота	0,200 0,040	3
0304	Оксид азота	0,400 0,060	3
0330	Диоксид серы	0,500 0,050	3
0337	Оксид углерода	5,000 3,000	4

0703	Бенз/а/пирен	0,000001 с.с	1
------	--------------	--------------	---

Полигоны промышленных и твердых бытовых отходов. Эмиссия вредных веществ в окружающую среду от полигонов промышленных и твердых бытовых отходов осуществляется в виде неорганизованных выбросов от объектов основного производства (траншеи складирования твердых бытовых отходов) и вспомогательного производства (эксплуатация автотранспорта и спецтехники на территории полигона). Типичными компонентами выбросов в атмосферу от полигонов промышленных отходов и ТБО являются: метан, толуол, аммиак, ксилол, углерода оксид, азота и углерода диоксиды, формальдегид, ангидрид сернистый, этилбензол, бензол, сероводород и фенол. Данные компоненты относятся в первую очередь ко 2, 3 классам опасности, ряд загрязнителей имеют 4 класс опасности (таблица 13).

Таблица 13 – Классификация выбросов полигонов ТБО и промышленных отходов

Код	Название (формула) соединений	ПДК _{м.р.} ПДК _{с.с.} ОБУВ мг/м ³	Класс опасности
0410	Метан	50,0 ОБУВ	2
0337	Углерода диоксид	5,000 3,000	4
0621	Толуол	0,600 м.р	3
0303	Аммиак	0,200 0,040	4
0616	Ксилол	0,200 м.р	3
0337	Углерода оксид	5,000 3,000	4
0301	Азота диоксид	0,200 0,040	3
1325	Формальдегид	0,035 0,003	2
0330	Ангидрид сернистый	0,500 0,050	3
0627	Этилбензол	0,020 м.р	3
0602	Бензол	0,300 0,100	2
0333	Сероводород	0,008 м.р	2
1071	Фенол	0,01 0,006	2

Нефтеперерабатывающая промышленность. В ранговом эквиваленте, нефтеперерабатывающие предприятия, по величине эмиссии химических токсикантов в атмосферный воздух занимают шестое место наряду с такими отраслями промышленности, как электроэнергетика, цветная и черная металлургия, коммунальное хозяйство и производство строительных материалов. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу предприятиями нефтепереработки, являются: диоксид серы и азота, оксид азота, сажа, сероводород, фенол, бензин (нефтяной, малосернистый), масло минеральное нефтяное, пыль древесная, пыль ферросплавов (Fe – 51 %, Si – 47 %), марганец и его соединения. В первую очередь, данные загрязняющие вещества представлены 2 и 3 классами опасности (таблица 14).

Таблица 14 – Классификация выбросов нефтеперерабатывающих предприятий

Код	Название (формула) соединений	ПДК _{м.р.} ПДК _{с.с.} ОБУВ мг/м ³	Класс опасности
0330	Диоксид серы	0,500 0,050	3
0337	Углерода оксид	5,000 3,000	4
0304	Азота оксид	0,400 0,060	3
0328	Сажа	0,150 0,050	3
0301	Азота диоксид	0,200 0,040	3
0333	Сероводород	0,008 м.р	2
1071	Фенол	0,01 0,006	2
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый)	5,000 1,500	4
2735	Масло минеральное нефтяное	0,050 ОБУВ	2
2936	Пыль древесная	0,500 ОБУВ	2
2981	Пыль ферросплавов (Fe– 51%, Si– 47%)	0,020 ОБУВ	2
0143	Марганец и его соединения	0,010 0,001	2

Шинное производство. Значимость негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения от воздействия шинного производства признается как в России, так и за рубежом. Международным агентством по изучению рака (МАИР) предприятия резиновой и шинной промышленности включены в список канцерогенноопасных производств. Типичными представителями загрязняющих атмосферный воздух веществ от выбросов шинного производства являются: бутан, бензин (нефтяной, малосернистый), оксид углерода, диоксид серы, сажа, бенз/а/пирен, бензол, 1,3-бутадиен, стирол, свинец, формальдегид, этилбензол. Основная часть рассматриваемых загрязняющих веществ относится к 1 – 3 классам опасности, два загрязнителя (бенз/а/пирен и свинец) относятся к 1 классу опасности. Кроме этого, данный перечень имеет канцерогенное утяжеление в связи с тем, что в нем расширен канцерогенный состав выбросов (таблица 15).

Таблица 15 – Классификация выбросов предприятий шинного производства

Код	Название (формула) соединений	ПДК _{м.р.} ПДК _{с.с.} ОБУВ мг/м ³	Класс опасности
0402	Бутан	200,0 м.р	4
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый)	5,000 1,500	4
0337	Оксид углерода	5,000 3,000	4
0330	Диоксид серы	0,500 0,050	3
0328	Сажа	0,150 0,050	3
0703	Бенз/а/пирен	0,000001 с.с	1
0602	Бензол	0,300 0,100	2
0503	1,3-бутадиен	3,000 1,000	4
0620	Стирол	0,040 0,002	2
0184	Свинец	0,001 0,0003	1
1325	Формальдегид	0,035 0,003	2
0627	Этилбензол	0,020 м.р	3

Химическая промышленность. Особенностью эколого-гигиенического воздействия предприятий химического комплекса является многообразие источников загрязнения окружающей среды и состава выбросов. Для выбросов химических предприятий характерны такие загрязняющие вещества как: азотная кислота, серная кислота, соляная кислота, щавелевая кислота, сульфаминовая кислота, ортофосфорная кислота, уксусная кислота, тетрахлорэтилен, ацетон, аммиак, метанол, капролактam, диоксид титана, ацетилен. Основная масса химических токсикантов – вещества 1 и 2 классов опасности (таблица 16).

Таблица 16 – Классификация выбросов предприятий химического производства

Код	Название (формула) соединений	ПДК _{м.р.} ПДК _{с.с.} ОБУВ мг/м ³	Класс опасности
0302	Азотная кислота	0,400 0,150	2
0322	Серная кислота	0,300 0,100	2
0316	Соляная кислота	0,2 0,1	2
3804	Щавелевая кислота	0,01 ОБУВ	2
1549	Сульфаминовая кислота	0,030 ОБУВ	2
0348	Ортофосфорная кислота	0,020 ОБУВ	2
1555	Уксусная кислота	0,200 0,060	1
0882	Тетрахлорэтилен	0,500 0,060	1
1401	Ацетон	0,350 м.р	4
0303	Аммиак	0,200 0,040	4
1052	Метанол	1,000 0,500	3
1530	Капролактam	0,060 м.р	3
0118	Диоксид титана	0,500 ОБУВ	–
0528	Ацетилен	1,500 ОБУВ	–

Производство синтетических полимерных материалов. Наиболее распространенными загрязняющими веществами для предприятий по производству синтетических полимерных материалов являются следующие: аммиак, углерод оксид, полиэтилен (полиэтилен), этилбензол (винилбензол,

стирол), хлорэтен (хлорэтилен, винилхлорид), метанол, фенол, ацетальдегид, формальдегид, ацетон, уксусная кислота, акрилонитрил, пыль поливинилхлорида, пыль полипропилена, пыль аминопластов, пыль фенопластов резольного типа, сополимер стирола, метилметакрилата и нитрилакриловой кислоты, пыль полиамида, пыль полистирола. При этом наблюдается критериальное разнообразие загрязнителей по классам опасности, от 1 до 4 класса опасности, включая не классифицируемые по опасности разнообразные полимерные пыли. Также в данный перечень загрязнителей входят канцерогенные загрязняющие вещества (таблица 17).

Таблица 17 – Классификация выбросов предприятий производства синтетических полимерных материалов

Код	Название (формула) соединений	ПДК _{м.р.} ПДК _{с.с.} ОБУВ мг/м ³	Класс опасности
0303	Аммиак	0,200 0,040	4
0337	Углерод оксид	5,000 3,000	4
0406	Полиэтен (полиэтилен)	0,100 ОБУВ	–
0620	Этенилбензол (винилбензол, стирол)	0,040 0,002	2
0827	Хлорэтен (хлорэтилен, винилхлорид)	0,010 с.с	1
1052	Метанол	1,000 0,500	3
1071	Фенол	0,01 0,006	2
1317	Ацетальдегид	0,010 м.р	3
1325	Формальдегид	0,035 0,003	2
1401	Ацетон	0,350 м.р	4
1555	Уксусная кислота	0,200 0,060	1
2001	Акрилонитрил	0,100 ОБУВ	–
2921	Пыль поливинилхлорида	0,100 ОБУВ	–
2922	Пыль полипропилена	0,100 ОБУВ	–

2934	Пыль аминопластов	0,040 ОБУВ	–
2953	Пыль фенопластов резольного типа	0,050 ОБУВ	–
2982	Сополимер стирола, метилметакрилата и нитрилакриловой кислоты	0,100 ОБУВ	–
2989	Пыль полиамида	0,500	–
2990	Пыль полистирола	0,350	–

Машиностроительная промышленность. Главными источниками загрязнения окружающей среды, в частности атмосферного воздуха, на машиностроительных предприятиях являются: литейное производство, травильные и гальванические цеха, цеха механической обработки, сварочные и покрасочные цеха и участки. В Ярославской области машиностроительная промышленность представлена двигателестроением, электротехнической промышленностью, приборостроением. Основные загрязняющие вещества, характерные для выбросов предприятий машиностроительной промышленности, представлены диоксидами серы и азота, оксидом азота, оксидом железа, пылью неорганической, хлористым водородом, метанолом, сероводородом, вольфрамовым ангидридом. По показателю опасности данные загрязнители относятся преимущественно к 3 классу опасности (таблица 18).

Таблица 18 – Классификация выбросов предприятий машиностроительной области

Код	Название (формула) соединений	ПДК _{м.р.} ПДК _{с.с.} ОБУВ мг/м ³	Класс опасности
0330	Серы диоксид	0,500 0,050	3
0304	Азота оксид	0,400 0,060	3
0301	Азота диоксид	0,200 0,040	3
0123	Железа оксид	0,040 с.с	3
2908	Пыль неорганическая	0,300 0,100	3
0316	Хлористый водород	0,2 0,1	2
1052	Метанол	1,000	3

		0,500	
0333	Сероводород	0,008 с. с	2
0113	Вольфрамовый ангидрид	0,150 с.с	3

Пищевая промышленность. Предприятия пищевой промышленности имеют достаточное распространение во многих муниципальных районах Ярославской области. Основная ориентация предприятий направлена на переработку продуктов сельского хозяйства, выпуск широкого спектра продовольственных товаров, таких как мясо и колбасные изделия, молочная продукция, мука и крупы, хлеб и хлебобулочные изделия, рыбная продукция, различные виды консервов и др. Типичными загрязняющими веществами для пищевых производств являются: оксиды углерода, серы и азота, акролеин, аммиак, взвешенные вещества и различные пыли. Конкретный состав выбросов напрямую зависит от характера технологического процесса и производимой продукции. Основная масса химических токсикантов, это вещества 3, 4 классов опасности (таблица 19).

Таблица 19 – Классификация выбросов предприятий пищевой промышленности

Код	Название (формула) соединений	ПДК _{м.р.} ПДК _{с.с.} ОБУВ мг/м ³	Класс опасности
0330	Сера оксид	0,500 0,050	3
0304	Азота оксид	0,400 0,060	3
0337	Углерода оксид	5,000 3,000	4
1301	Акролеин	0,030 0,010	2
0303	Аммиак	0,200 0,040	4
2902	Взвешенные вещества	0,500 0,150	3

Таким образом, обобщенный анализ типичных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников промышленных предприятий ключевых отраслей Ярославской области позволил определиться с характерными для области загрязняющими веществами, представляющими потенциальную

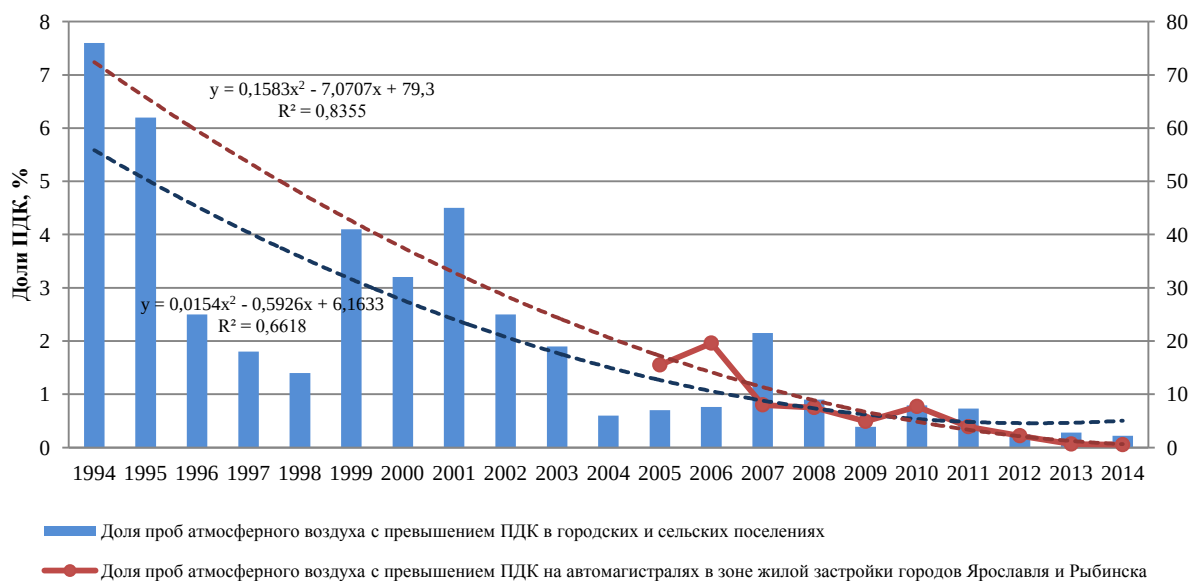
опасность здоровью населения и влияющими на качество окружающей среды, в частности атмосферный воздух. Как показал территориально-отраслевой анализ, основное расположение стратегически важных для области промышленных предприятий находится в зоне волжского пространственного «коридора» – первого ареала социально-экономического развития, где можно предположить неблагоприятную зону повышенной экспозиционной нагрузки на селитебные и природные территории. Такое обобщение в предварительном исследовании по идентификации опасности представляет следующий перечень характерных для области химических загрязнителей атмосферного воздуха, учитывая промышленную специфику области: оксиды азота, оксиды углерода и серы, диоксида азота, серы и углерода, мазутная зола, сажа, бенз/а/пирен, метан, одорант-смесь природных меркаптанов, толуол, аммиак, ксилол, формальдегид, сернистый ангидрид, этилбензол, бензол, сероводород и фенол, бензин (нефтяной, малосернистый), масло минеральное нефтяное, пыль древесная, пыль ферросплавов (Fe – 51 %, Si – 47 %), марганец и его соединения, бутан, 1,3-бутадиен, стирол, свинец, азотная кислота, серная кислота, соляная кислота, щавелевая кислота, сульфаминовая кислота, ортофосфорная кислота, уксусная кислота, тетрахлорэтилен, ацетон, аммиак, метанол, капролактан, диоксид титана, ацетилен, полиэтилен (полиэтилен), этилбензол (винилбензол, стирол), хлорэтен (хлорэтилен, винилхлорид), ацетальдегид, акрилонитрил, пыль поливинилхлорида, пыль полипропилена, пыль аминопластов, пыль фенопластов резольного типа, сополимер стирола, метилметакрилат и нитрилакриловая кислота, пыль полиамида, пыль полистирола, оксид железа, пыль неорганическая, хлористый водород, вольфрамовый ангидрид, акролеин, и различные взвешенные вещества органической природы. Данный вариант списка загрязняющих веществ является небольшим и далеко не полным. В реальных условиях он намного расширяется, как в сторону количественных критериев, так и в сторону качественных характеристик. Однако его учет необходим в дальнейших исследованиях для научной обоснованности выбора приоритетных загрязнителей

атмосферного воздуха от промышленных предприятий Ярославской области.

3.4. Состояние атмосферного воздуха Ярославской области

Для общей оценки состояния атмосферного воздуха были исследованы длинные ряды формализованных экспозиционных характеристик атмосферного воздуха, основанные на результатах натурных исследований.

Качество атмосферного воздуха населённых мест зависит от степени его загрязнения выбросами от стационарных и передвижных источников (транспорт). В 2014 г. в Ярославской области состояние атмосферного воздуха в городских и сельских поселениях заметно улучшилось – доля проб с превышением ПДК загрязняющих веществ составила 0,22 % (в 2013 г. – 0,28 %). Аналогичная ситуация наблюдается на автомагистралях в зоне жилой застройки городских поселений: доля проб с превышением ПДК загрязняющих веществ в 2014 г. составила 0,52 % (в 2013 г. – 0,64 %), что ниже уровня предыдущих лет (рисунок 21) и ниже среднего показателя по Российской Федерации (1,53 %).



Примечание: пунктирная линия отображает полиномиальный тренд со степенью 2, голубая линия – к доле проб атмосферного воздуха с превышением ПДК в городских и сельских поселениях, красная – к доле проб атмосферного воздуха с превышением ПДК на автомагистралях в зоне жилой застройки городов Ярославля и Рыбинска

Рисунок 21 – Динамика доли проб атмосферного воздуха с превышением ПДК загрязняющих веществ за период с 1994 по 2014 годы

Источник: по данным Управления Роспотребнадзора по Ярославской области; Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ярославской области в 2014 году» // Управление Роспотребнадзора по Ярославской области, 2015 г.

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в городах

Ярославской области, не смотря на промышленную развитость региона, является автотранспорт. Аналогичная ситуация наблюдается и в других регионах Российской Федерации. Следует отметить, что с 2011 г., в Ярославской области наблюдаются позитивные тенденции снижения загрязненности атмосферного воздуха выбросами автотранспорта. Возможно, это связано с более широким использованием экологически чистого моторного топлива стандартов Евро-3 и Евро-4. В целом динамика показателей загрязнения атмосферного воздуха свидетельствует об улучшении состояния атмосферного воздуха в местах постоянного проживания населения Ярославской области.

Основной контроль за качеством атмосферного воздуха в Ярославской области осуществляется Управлением Роспотребнадзора по Ярославской области при взаимодействии с ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ярославской области». Мониторинговые мероприятия выполняются на 13 стационарных постах наблюдений (г. Ярославль – ул. Чкалова, д.4; г. Рыбинск – ул. Глеба Успенского, д.8а), а также на автомагистралях в селитебной зоне и на территориях влияния промышленных предприятий. К контролирующим веществам, загрязняющим атмосферный воздух на территории Ярославской области, по данным Управления Роспотребнадзора по ЯО, относятся: углерод оксид, азота диоксид, сера диоксид, формальдегид, фенол и его производные, сероводород. Доля проб воздуха с превышением ПДК по приоритетным загрязняющим веществам за период 2008 – 2014 гг. представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Доля неудовлетворительных проб по приоритетным загрязнителям за 2008 – 2014 гг. (в %)

Наименование загрязняющих веществ	Процент проб, превышающих ПДК по годам							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Динамика по сравнению с 2013 г.
Сера диоксид	1,5	0,84	0,69	0,05	0	0,05	0	↓
Сероводород	0	0	0	0	0	0	0	↔
Углерод оксид	0,9	1,19	1,05	0,5	0,5	0,16	0,25	↑
Азота диоксид	0,4	0,4	0,72	0,1	0,15	0,15	0	↓
Фенол и его	0,97	0	0,47	0	0	0	0,06	↑

производные								
Формальдегид	1,8	0,2	2,98	4,5	1,01	0,97	0,59	↓

Источник: Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ярославской области в 2014 году» // Управление Роспотребнадзора по Ярославской области, 2015 г.

Кроме этого мониторинговые наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха на территории Ярославской области проводятся Ярославским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (филиал ФГБУ «Центральное УГМС») на стационарных постах наблюдений (ПНЗ) в трех городах: в г. Ярославле – на 5 ПНЗ, г. Рыбинске – на 2 ПНЗ и в г. Переславле-Залесском – на 1 ПНЗ (рисунки 22 а,б,в).

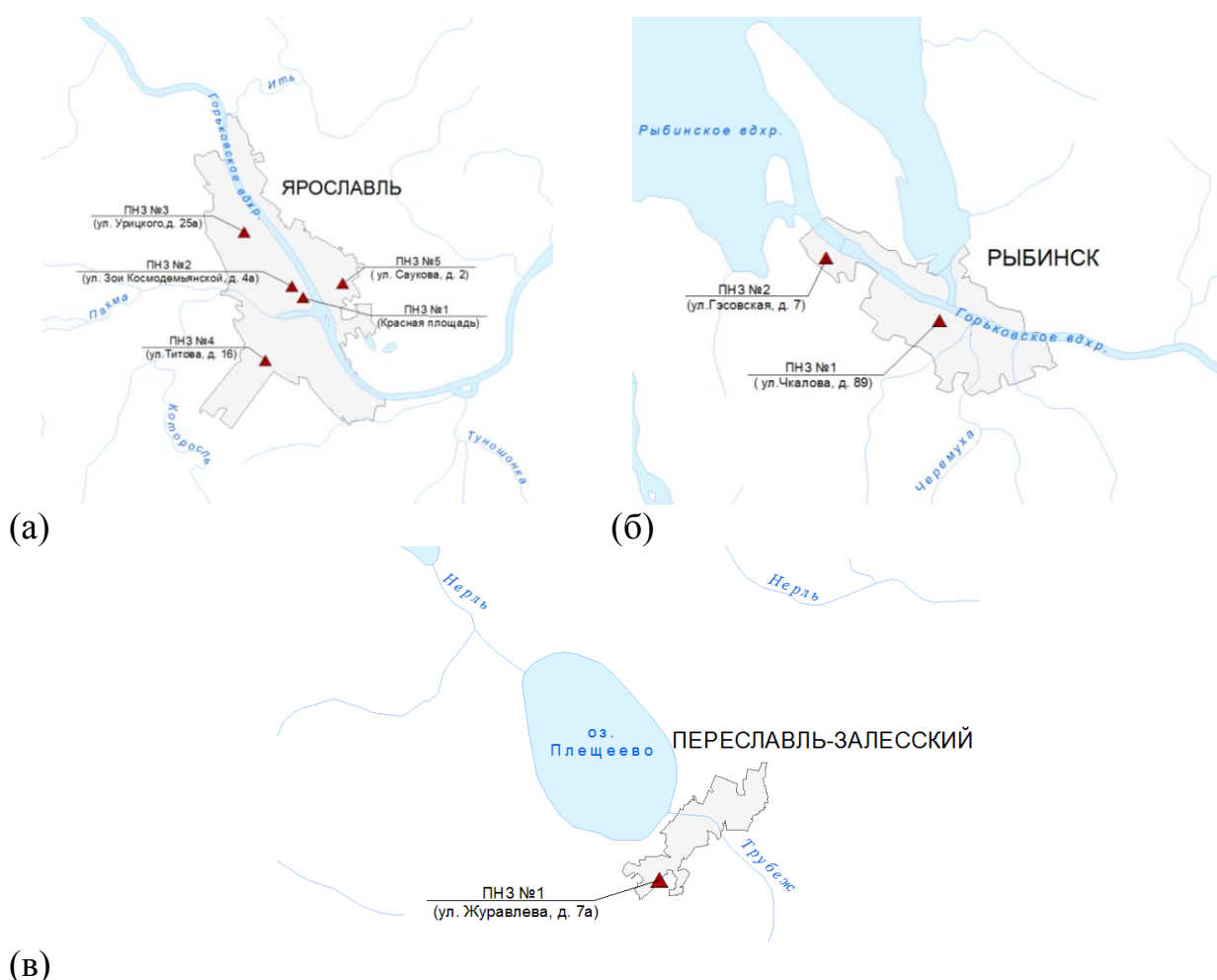


Рисунок 22 – Схема расположения стационарных постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в (а) г. Ярославле, (б) г. Рыбинске и (в) г. Переславль-Залесском

Источник: Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области за 2014 г.

Посты наблюдений загрязнения атмосферы располагаются в жилых

районах, вблизи автомагистралей и крупных промышленных объектов. Для оценки качества атмосферного воздуха используются обязательные статистические характеристики загрязнения воздуха, а также методы индексных оценок с учетом принятых Минздравом России стандартов – предельно допустимых концентраций (ПДК). По данным мониторинга в 2014 г уровень загрязнения атмосферы в г. Ярославле по сравнению с 2012 – 2013 гг. несколько снизился, но при этом характеризовался как повышенный. В г. Рыбинске и г. Переславле-Залесском уровень загрязнения атмосферы в период 2010 – 2014 гг. характеризовался как низкий (таблица 21).

Таблица 21 – Уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах Ярославской области за период 2010 – 2014 гг.

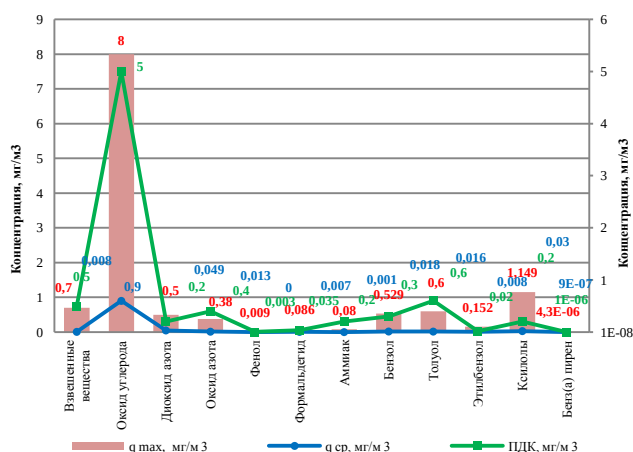
Город	Контролируемые вещества	Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)				
		2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Ярославль	диоксид азота, бенз/а/пирен, формальдегид, бензол, оксид углерода	4,4	6	7	7	5 – 6
Рыбинск	диоксид азота, оксид углерода, бенз/а/пирен, оксид азота, формальдегид	3,6	2	3	0 – 4	0 – 4
Переславль-Залесский	диоксид азота, оксид углерода, оксид азота	1,6	2	1	0 – 4	0 – 4

Рассмотрим более подробный анализ качества атмосферного воздуха в г. Ярославле, г. Рыбинске и г. Переславле-Залесском по данным натурных исследований.

г. Ярославль. Основными определяемыми веществами атмосферного воздуха на постах наблюдения были: взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, формальдегид, аммиак, ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол, этилбензол), бенз/а/пирен и тяжелые металлы (свинец, марганец, хром, никель, кобальт, кадмий, медь, цинк и железо).

Как показывает количественный анализ проб атмосферного воздуха, в г. Ярославле в 2014 г., из всех определяемых загрязняющих веществ

повторяемость концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе выше ПДК (%) наблюдалась по взвешенным веществам (0,1 %), оксиду углерода (0,1 %), диоксиду азота (0,5 %), формальдегиду (1,0 %), бензолу (0,7 %), этилбензолу (15,3 %), ксилолам (2,8 %). Средняя за месяц концентрация превысила значение норматива качества атмосферного воздуха только по диоксиду азота (рисунок 21). По сравнению с 2013 г., в 2014 г в атмосферном воздухе г. Ярославля повторяемость концентраций взвешенных веществ выше ПДК снизилась практически в 5 раз; концентрации диоксида серы были ниже предела обнаружения; средняя за год концентрация оксида углерода в течение ряда лет сохраняется на уровне 0,3 ПДК; загрязнение воздуха диоксидом азота уменьшилось в целом по городу, однако возросла повторяемость выше ПДК этой примеси; среднегодовая концентрация оксида азота в атмосфере города сохранилась на уровне прошлых лет – 0,2 ПДК, максимальная концентрация (0,4 ПДК) наблюдалась в июне; по содержанию аммиака сохранялась тенденция снижения среднегодовой концентрации от 0,2 (в 2011 г.) до 0,03 ПДК (в 2014 г.); среднегодовая концентрация фенола составила менее 0,1 ПДК; среднегодовая концентрация формальдегида в целом по городу несколько возросла (с 0,006 до 0,007 мг/м³); среднегодовая концентрация бензола незначительна (0,2 ПДК); максимальные концентрации толуола (1,0 ПДК), этилбензола (7,6 ПДК) и ксилолов (5,7 ПДК) были зафиксированы локально в районе Южного промышленного узла; среднегодовая концентрация бенз/а/пирена снизилась в 2 раза по сравнению с 2013 г., при этом максимальная концентрация бенз/а/пирена наблюдалась в декабре; среднегодовые и среднемесячные концентрации тяжелых металлов, в 2014 г., как и в прошлые годы, не превышали ПДК, кадмий и кобальт в атмосферном воздухе г. Ярославля не обнаружены (рисунок 23 а). В целом в атмосферном воздухе г. Ярославля в 2014 г. наблюдалось снижение среднегодовых концентраций всех контролируемых веществ по сравнению с 2013 г. (рисунок 23 б).

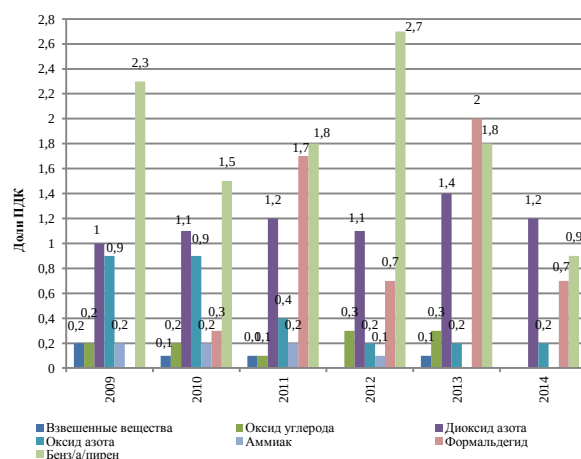


(а)

Примечание: на рисунке изображены:

– по левой оси – максимально-разовая концентрация ($q_{\text{тах}}$, мг/м^3) и среднегодовая концентрация ($q_{\text{ср}}$, мг/м^3) для всех рассматриваемых веществ;

– по правой оси – ПДК (ПДК, мг/м^3) для всех рассматриваемых веществ



(б)

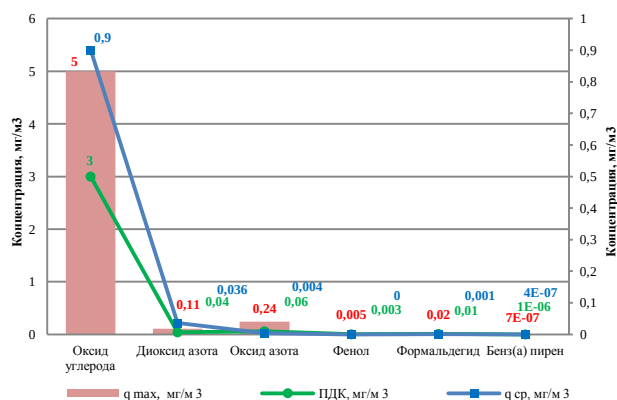
Примечание: Примечание: диоксид серы в 2014 году в

атмосфере города Ярославля не обнаружен, содержание взвешенных веществ, фенола и аммиака было ниже 0,1 ПДК

Рисунок 23 – Значения среднегодовых ($q_{\text{ср}}$, мг/м^3), максимально-разовых ($q_{\text{тах}}$, мг/м^3) и предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Ярославля в 2014 г (а) и динамика выбросов в период 2009 – 2014 гг. (б)

Источник: Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ярославской области в 2014 г.», Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области за 2014 г.

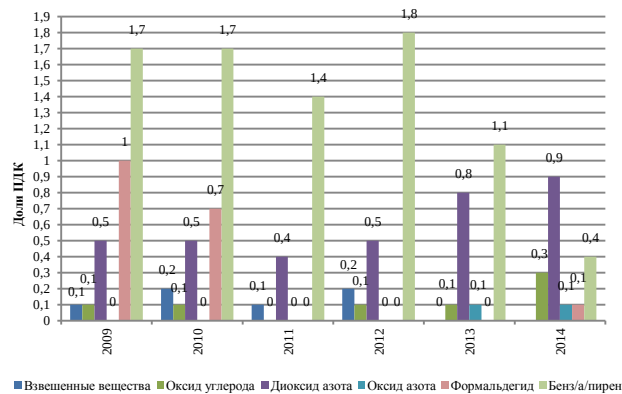
г. Рыбинск. К контролируемым загрязняющим веществам в г. Рыбинске относят взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, формальдегид, бенз(а)пирен. Среднегодовые концентрации всех контролируемых загрязнителей не превышали нормативов качества атмосферного воздуха, превышение максимально-разовых концентраций наблюдалось по оксиду углерода (рисунок 24 а). В 2014 г. среднегодовые концентрации диоксида азота и оксида углерода в атмосферном воздухе г. Рыбинска, по сравнению с 2013 г., несколько увеличились, концентрация остальных загрязняющих веществ оставалась на прежнем уровне или находилась ниже уровня обнаружения (рисунок 24 б).



(а)

Примечание: на рисунке изображены:

- по левой оси – максимально-разовая концентрация ($q_{\max}$, мг/м^3) и ПДК (ПДК , мг/м^3) для всех рассматриваемых веществ;
- по правой оси – среднегодовая концентрация ($q_{\text{ср}}$, мг/м^3) для всех рассматриваемых веществ



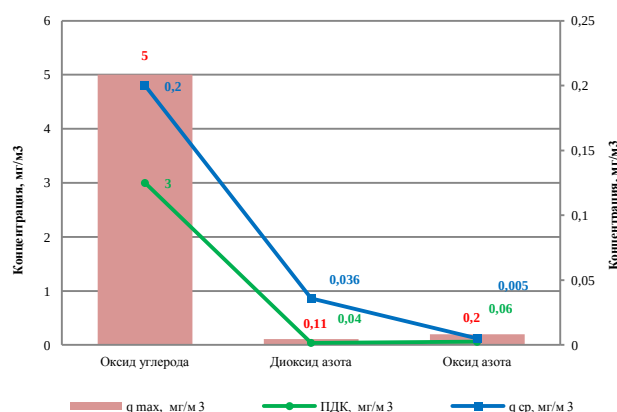
(б)

Примечание: взвешенные вещества и диоксид серы в 2014 году в атмосфере г. Рыбинска не обнаружены, содержание фенола менее 0,1 ПДК

Рисунок 24 – Значения (а) среднегодовых ($q_{\text{ср}}$, мг/м^3), максимально-разовых ($q_{\max}$, мг/м^3) и предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Рыбинска в 2014 г. и (б) динамика выбросов в период 2009 – 2014 гг.

Источник: Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ярославской области в 2014 г.», Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области за 2014 г.

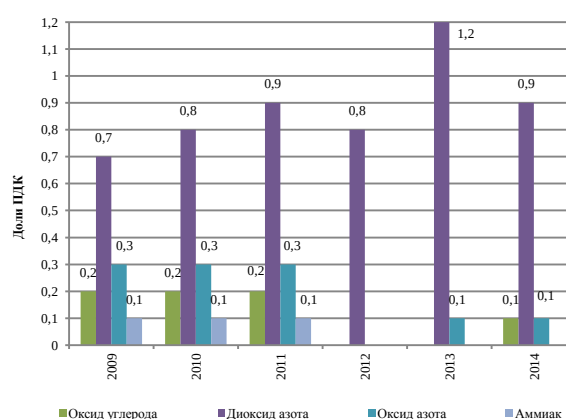
г. Переславль-Залесский. Основными контролирующими загрязнителями атмосферного воздуха являются взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, аммиак. Среднегодовые концентрации всех контролируемых вредных примесей в воздухе города были ниже установленных гигиенических норм, превышение максимально-разовых концентраций наблюдалось по оксиду углерода, диоксиду азота и оксиду азота (рисунок 25 а). По сравнению с предыдущим 2013 г. среднегодовые концентрации примесей в воздухе города в 2014 г. снизились или остались на прежнем уровне: наибольшее снижение (в 1,3 раза) отмечено по диоксиду азота, уровень содержания взвешенных веществ, диоксида серы и аммиака сохранялся ниже предела обнаружения в течение всего года (рисунок 25 б).



(а)

Примечание: на рисунке изображены:

- по левой оси – максимально-разовая концентрация ($q_{\max}$, мг/м³) и ПДК (ПДК, мг/м³) для всех рассматриваемых веществ;
- по правой оси – среднегодовая концентрация ($q_{\text{ср}}$, мг/м³) для всех рассматриваемых веществ



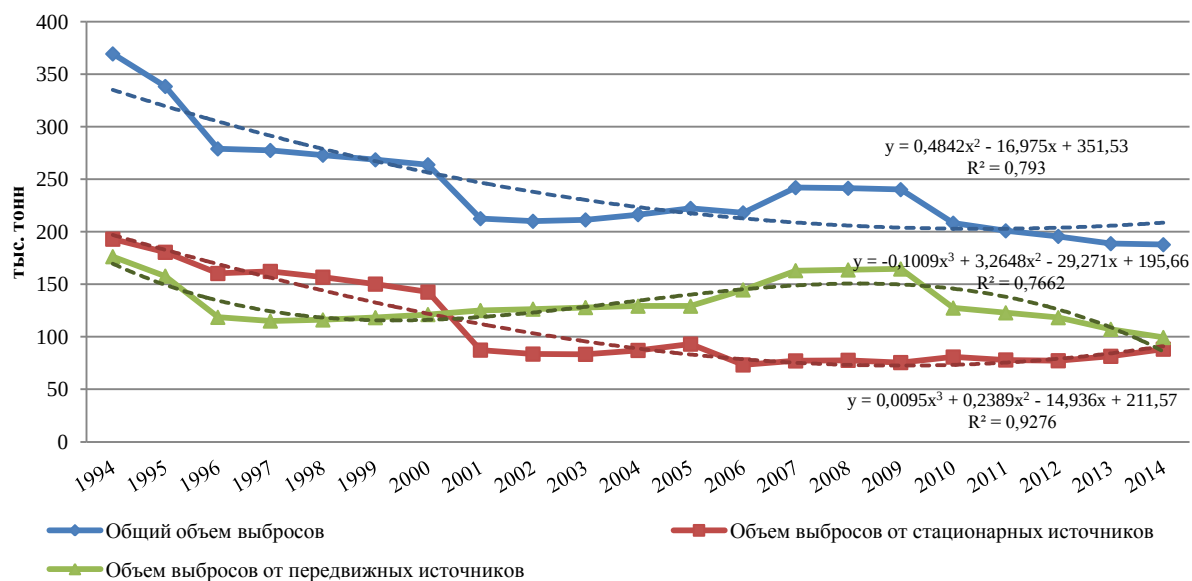
(б)

Примечание: взвешенные вещества, диоксид серы и аммиак в 2014 году в атмосфере города Переславля-Залесского не обнаружены

Рисунок 25 – Значения (а) среднегодовых ($q_{\text{ср}}$, мг/м³), максимально-разовых ($q_{\max}$, мг/м³) и предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Переславля-Залесского в 2014 г. и (б) динамика выбросов в период 2009 – 2014 гг.

Источник: Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ярославской области в 2014 г.», Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области за 2014 г.

По результатам мониторинга на стационарных постах государственной сети наблюдений на территории Ярославской области за весь рассматриваемый период наблюдений (2009 – 2014 гг.) экстремально высокого загрязнения атмосферного воздуха не отмечалось. В последние годы общий объем выбросов загрязняющих веществ имеет тенденцию к снижению, так в 2014 г. общий объем выбросов составил 187,7 тыс. т (2013 г. – 188,7 тыс. т); из них выбросы от стационарных источников (объекты промышленности) – 88,3 тыс. т или 47% (2013 г. – 81,5 тыс. т или 43,2 %); от передвижных источников (автотранспорт) – 99,4 тыс. т или 53% (2013 г. – 107,2 тыс. т или 56,8 %). Следует заметить, что изменилось соотношение выбросов: увеличилась доля выбросов промышленности и уменьшилась доля автотранспорта в общем объеме выбросов (рисунок 26).



Примечание: пунктирная линия отображает полиномиальный тренд со степенью 2, голубая линия – к общим объемам выбросов, красная – к объемам выбросов от стационарных источников, зеленая – к объемам выбросов от передвижных источников

Рисунок 26 – Динамика объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Ярославской области в период 1994–2014 гг.

Источник: Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области за 1994 – 2014 гг., данные Росстата.

Сравнительный анализ объемов выбросов загрязняющих веществ, в целом по Центральному федеральному округу в 2014 г., показывает тенденцию снижения объемов выбросов в атмосферный воздух от стационарных источников: по сравнению с 1995 г. сокращение произошло на 35,5% (1995 г. – 2407,3 тыс. т, 2013 г. – 1570,0 тыс. т, 2014 г. – 1553,4 тыс. т) (рисунок 27). Несмотря на общую тенденцию, по пяти регионам Верхневолжья выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников увеличились по сравнению с 2013 г. на 15,4 тыс. т или 6% (2013 г. – 254,7 тыс. т, 2014 г. – 270,1 тыс. т). Причем доля выбросов Ярославской области увеличилась на 1%.

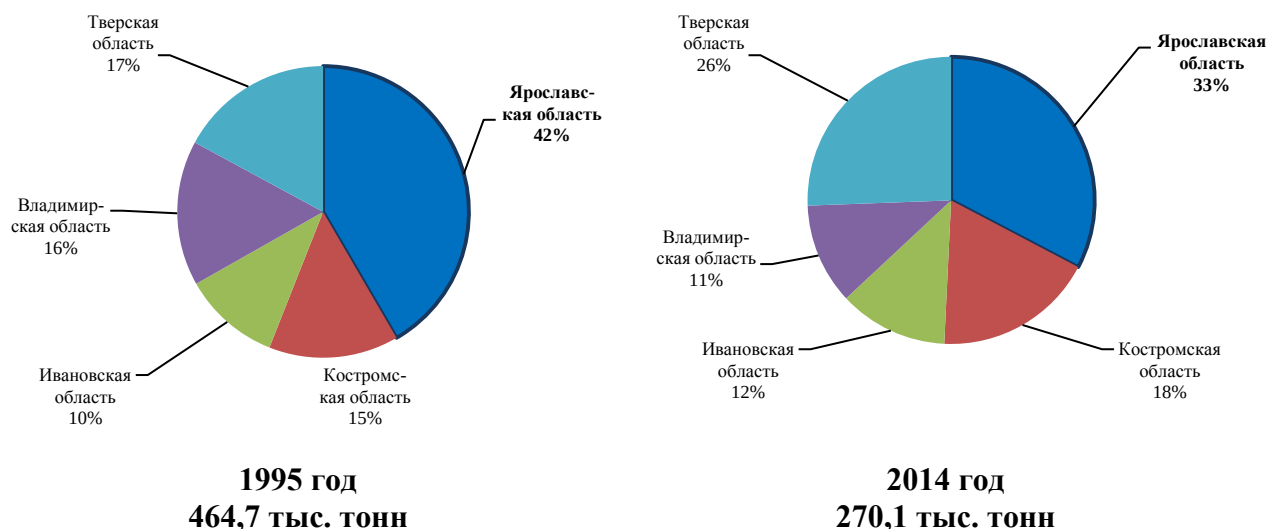


Рисунок 27 – Соотношение долей выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников по пяти регионам Верхневолжья

Источник: Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области за 2014 г., данные Росстата

Анализ выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников по видам экономической деятельности в период 2010 – 2014 гг. показал (рисунок 28), что около половины выбросов (46,2 %), приходится на долю обрабатывающих производств, хотя и с некоторым снижением по сравнению с предыдущим годом (2013 г. – 51 %).

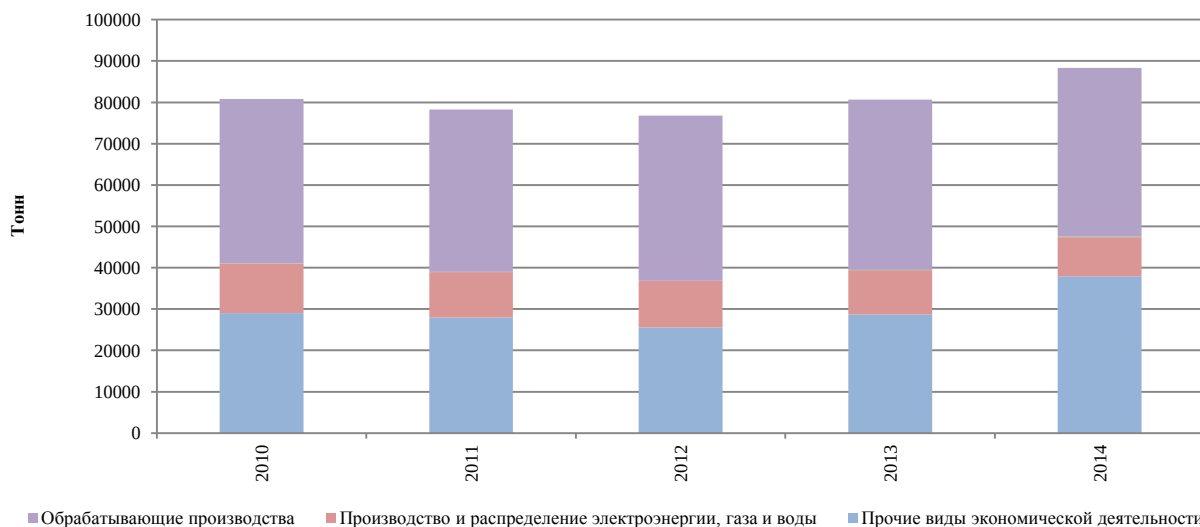
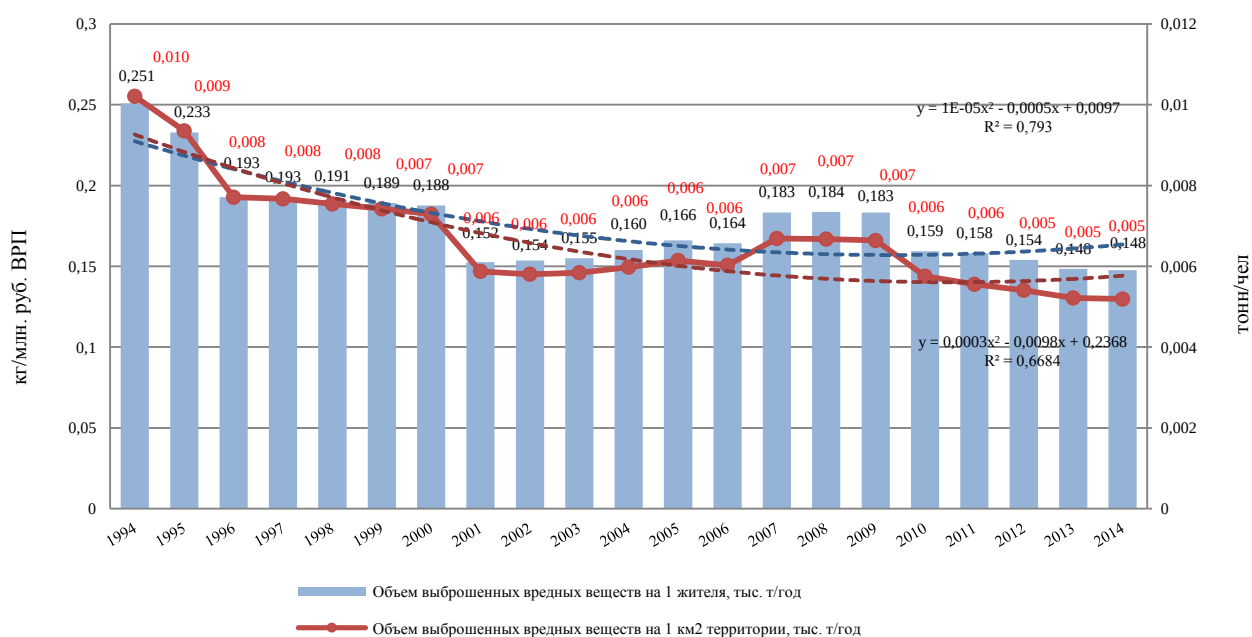


Рисунок 28 – Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, по видам экономической деятельности в Ярославской области в период 2010 – 2014 гг.

Источник: Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области за 2010 – 2014 гг., данные Росстата

Как показывают данные анализа динамики удельных показателей объема выбросов загрязняющих веществ на 1 жителя и на 1 км² территории, в течение последних двух десятилетий наблюдается значительное снижение рассматриваемых удельных показателей. После резкого снижения удельных показателей в 2009 – 2010 гг., наблюдается постепенное их снижение в период 2010 – 2014 гг. В 2013 и 2014 гг. данные показатели были на одном уровне (рисунок 29).



Примечание: пунктирная линия отображает полиномиальный тренд со степенью 2, голубая линия – к объему выброшенных вредных веществ на 1 жителя, красная – к объему выброшенных вредных веществ на 1 км² территории

Рисунок 29 – Динамика объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения (т/чел.) и на 1 км² территории Ярославской области (тыс. т/км²) в период 1994–2014 гг.

Источник: Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области за 1994–2013 гг.; данные Ярославльстата

Таким образом, проблема качества атмосферного воздуха в городах и поселениях Ярославской области является одной из ключевых; ее нарастание связано с индустриализацией региона с начала 20 века. Производственный спад и структурные изменения в экономике 1990-х годов существенно повлияли на уровень загрязненности атмосферного воздуха в Ярославской области в сторону снижения: при доле проб с превышением ПДК в 1993 г. на уровне, превышающем

8 %, данный показатель уже к 2004 г. снизился до 1 %, или более чем в 8 раз. Основным источником загрязнения атмосферного воздуха, как в городах Ярославской области, так и во многих других регионах России является автомобильный транспорт. При этом за последние шесть лет наблюдаются позитивные тенденции снижения загрязненности атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, вероятно связанные с широким использованием топлива стандартов Евро-3 и Евро-4.

Контролируемыми загрязнителями атмосферного воздуха в Ярославской области являются взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, формальдегид, аммиак, ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол, этилбензол), бенз/а/пирен, а также тяжелые металлы (свинец, марганец, хром, никель, кобальт, кадмий, медь, цинк и железо). Наиболее часто встречаемыми загрязнителями атмосферного воздуха в Ярославской области, концентрации которых превышают ПДК, являются взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, бензол, этилбензол, ксилол. При этом наиболее проблемными загрязнителями являлись оксид углерода, а также оксид и диоксид азота. Превышения допустимых уровней загрязняющих веществ наблюдались, как правило, в отношении максимально разовых концентраций, не затрагивая среднегодовые. Опасность загрязненного атмосферного воздуха обусловлена комбинированным токсическим действием широкого спектра веществ на здоровье населения, возможностью массированного воздействия, способностью загрязнителей воздуха непосредственно проникать в организм. Любые уровни загрязнения атмосферного воздуха создают различные риски здоровью населения. Оценка риска здоровью населения позволяет выявить приоритетные факторы, загрязнители и их «вклад» в возникновение изменений в состоянии здоровья населения области, спрогнозировать отдаленные негативные эффекты, когда уровни загрязнения, на первый взгляд, не вызывают опасений.

Таким образом, анализ эколого-географических особенностей Ярославской области позволил рассмотреть концептуальную модель исследуемой территории по факторам физической среды, которые имеют решающее значение в оценке риска здоровью населения и позволяют выбрать оптимальный вариант сценария экспозиции. Концептуальная модель исследуемой территории представляет собой территорию старого освоения с развитой промышленностью и транспортной системой и характерным токсикологическим профилем области.

Климат Ярославской области характеризуется умеренностью температурного режима и достаточным увлажнением. Степень относительной влажности атмосферного воздуха проявляет корреляционную активность в отношении других показателей и вероятно может значительно влиять на экспозиционную нагрузку химических токсикантов в первую очередь гидрофильных. Для области характерно преобладающее влияние циклонов – 56 % дней. Антициклоны наблюдаются в 44 % случаев. За последние десятилетия наблюдается потепление климата, так январская температура поднялась на 2-3 °С, июльская – на 1-2 °С, при этом имеет место сокращение зимы с 5 до 4 месяцев, увеличился период плюсовых температур на один месяц. В целом, для Ярославской области характерна достаточно ровная динамика среднемноголетних климатических показателей. Заметны лишь незначительные колебания средних значений количества осадков, максимум которых наблюдался в 2004, 2009 и 2012 гг. В последние годы отмечалось увеличение максимальной и минимальной температуры приземного воздуха. Максимальная температура увеличилась на +0,9 °С, минимальная – на +0,2 °С. Следует обратить внимание на рост показателя суммарной солнечной радиации, к 2014 г. уровень солнечной радиации увеличился на 2,2 МДж/м².

На исследуемой территории преобладают ветры юго-западного, южного и западного направлений. Штилевая погода, в целом по области, наблюдается достаточно редко, характерно интенсивное проветривание, однако в г. Ярославле и Ярославском муниципальном районе штиль наблюдается в 23 % всего времени года.

Учитывая максимальную сосредоточенность источников загрязнения атмосферного воздуха в г. Ярославле и Ярославском муниципальном районе, наличие штилей указывает на возможное увеличение экспозиционных нагрузок в данной санозкосистеме.

Рельеф Ярославской области полностью зависит от положения области на Русской равнине и имеет равнинно-всхолмленный характер ее поверхности, что позволяет обеспечивать достаточно хорошую продуваемость ветрами.

К основным типам почв относятся дерново-подзолистые и болотные, со значительным количеством их разновидностей. Для южных районов Ярославской области характерно развитие дернового процесса почвообразования с формированием серых лесных почв. В северо-восточных районах Ярославской области – Любимском, Даниловском, Первомайском распространены глинистые и тяжелосуглинистые разновидности дерново-подзолистых почв. Почва летом достаточно прогрета и увлажнена.

Современная флора Ярославской области представлена 1042 видами сосудистых растений. Экологический состав флоры характеризуется преобладанием мезофитов. Современная растительность области в основном представлена лесной и болотной растительностью. Также во флористический состав области включены инвазионные виды растений, представляющие серьезные угрозы, как биологическому разнообразию, так и здоровью населения, в частности, учет инвазионных видов необходим в оценке аэрогенных рисков развития аллергозов. Климатические особенности исследуемой территории способствовали натурализоваться 230 видам растений.

В современном варианте Ярославская область входит в число развитых, в промышленном отношении, регионов Российской Федерации с доминированием производств индустриального типа. Здесь расположены предприятия машиностроения и металлообработки, химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслей, энергетики и теплоэнергетики, легкой и пищевой промышленности. Всего в области насчитывается 46 884 предприятия и

организации. Анализ промышленной характеристики области позволил выделить типичные компоненты выбросов от источников загрязнения лидирующих отраслей промышленности. Как показывает территориально-отраслевой анализ, основное расположение лидирующих промышленных предприятий находится в зоне волжского пространственного «коридора» – первого ареала социально-экономического развития, где имеется высокая вероятность неблагоприятной зоны экспозиционной нагрузки на селитебные и природные территории. Степень загрязненности атмосферного воздуха от выбросов стационарных и передвижных источников определяет экспозиционную характеристику атмосферы. Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в городах Ярославской области, не смотря на её промышленную развитость, является автотранспорт. Анализ динамики доли проб атмосферного воздуха с превышением ПДК загрязняющих веществ в период 1994 – 2014 гг. показывает положительную динамику в виде снижения доли неблагоприятных проб. Общая характеристика показателей качества загрязнения атмосферного воздуха свидетельствует об улучшении состояния атмосферного воздуха в местах постоянного проживания населения Ярославской области. Однако, не смотря на положительную динамику показателей качества атмосферы, согласно данных многолетних наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, ситуация остается напряженной, особенно это наблюдается в г. Ярославле, в котором уровень загрязнения атмосферы расценивается как повышенный. Анализ выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников по видам экономической деятельности показал, что около половины выбросов, приходится на долю обрабатывающих производств. Напряженность ситуации может быть связана с комплексом факторов, которые могут включать в себя как низкое качество дорог и перегрузку дорожной сети, учитывая тот факт, что автомобилизация вышла на первое место по вкладу в загрязнение атмосферы, так и непроработанность в генпланах городов вопросов «продуваемости» территорий, при этом комплексное воздействие этих факторов может усиливаться в условиях нарастающего изменения климата.

Контролируемыми загрязнителями атмосферного воздуха в Ярославской области являются взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, формальдегид, аммиак, ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол, этилбензол), бенз/а/пирен, а также тяжелые металлы (свинец, марганец, хром, никель, кобальт, кадмий, медь, цинк и железо). К наиболее часто встречаемым загрязнителям атмосферного воздуха в Ярославской области, которые склонны к превышению ПДК, относят взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, бензол, этилбензол, ксилол. Отбор приоритетных загрязнителей с ориентацией только на долю проб с превышением нормативных показателей и на объемы выбросов не достаточно обосновывают приоритетность. В первую очередь это связано с тем, что подходы, ориентированные на исчисление среднего процента проб не соответствующих нормативным показателям, являются не информативными, т.к. усреднение дает обобщающую характеристику статистической совокупности результатов контроля и не позволяет адекватно оценить риск здоровью населения, а также правильно расставить эколого-гигиенические и медико-географические приоритеты. Перечень контролируемых в Ярославской области загрязнителей атмосферного воздуха требует уточнения и возможно, дополнения, с научным обоснованием приоритетных химических веществ, используя методологические подходы этапа идентификации опасности оценки риска здоровью населения. Такой подход основан на современном международном опыте в области оценки качества среды обитания и рисков здоровью населения. При этом, для выбора оптимального варианта сценария воздействия требуется обязательный учет эколого-географических особенностей исследуемой территории, включая ключевые показатели в структуру мониторинга за экспозиционными нагрузками и рисками здоровью населения.

Глава 4 Результаты исследований и их обсуждение

Ориентация на минимизацию рисков здоровью населения, как инструмент экологической политики, ориентированного на комплексный подход к оценке и снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду и население, в последние десятилетия занимает все более прочные позиции в системах экологического правоприменения как на уровне отдельных стран, так и в рамках международных организаций. По мнению Фоменко Г.А., растущие масштабы производства рисков позволяют рассматривать природоохранное управление как рефлексию и реакцию общества в целом или его отдельных институтов на производство, распространение и «потребление» таких рисков.

На протяжении всего времени становления принципов оценки риска, фактор загрязнения атмосферного воздуха химическими токсикантами рассматривается как первостепенный фактор окружающей среды, формирующий высокий уровень риска здоровью в условиях урбанизированных территорий и особенно в староосвоенных регионах Российской Федерации. Одним из открытых вопросов в оценке риска здоровью населения остается адекватность в доказательстве критериев оценки приоритетности и ранжировании химических токсикантов по уровню воздействия применительно к условиям реального времени пребывания человека и с учетом сценария маршрута воздействия. В этой связи возникает необходимость разработки новых методических подходов к оценке качества среды обитания, учета эколого-географических особенностей территорий, оценки медико-географических нагрузок, основанных на новейших и признанных мировым научным сообществом подходах оценки риска здоровью населения.

Выполненные нами исследования по оценке риска здоровью населения, в первую очередь были нацелены на повышение надежности и эффективности системы мероприятий в области охраны окружающей среды и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, осуществление эффективной природоохранной политики и поддержки развития эффективных механизмов управления качеством среды обитания человека. В данном случае

используемые исследовательские подходы рассматривались с позиции устойчивого развития и «зеленого роста» городских территорий Ярославской области. Такие подходы применялись в процедурах оценки риска здоровью населения в рамках проектов обоснования расчетных единых санитарно-защитных зон промышленных комплексов и индивидуальных санитарно-защитных зон промышленных предприятий, а также обеспечения безопасности проживания населения в жилых зонах, расположенных в непосредственной близости к промышленным объектам. Особое внимание уделялось применяемым на промышленных предприятиях технологическим процессам (включая основные и вспомогательные производства), а также параметрам их негативного воздействия на атмосферный воздух (выбросы загрязняющих веществ — их номенклатура, режим и т.д.). Результатом такого анализа стал полный перечень химических токсикантов, поступающих в атмосферный воздух от источников Южного и Северного промышленного узлов г. Ярославля и автомагистралей на территории Северного промышленного узла г. Ярославля, полигона промышленных отходов «Глушицы» Рыбинского муниципального района и асфальтобетонного завода в г. Рыбинске, полигона твердых бытовых отходов в карьере «Тюхменево» Даниловского муниципального района, а также полигона твердых бытовых отходов дер. Селиваново Угличского муниципального района (рисунок 30).

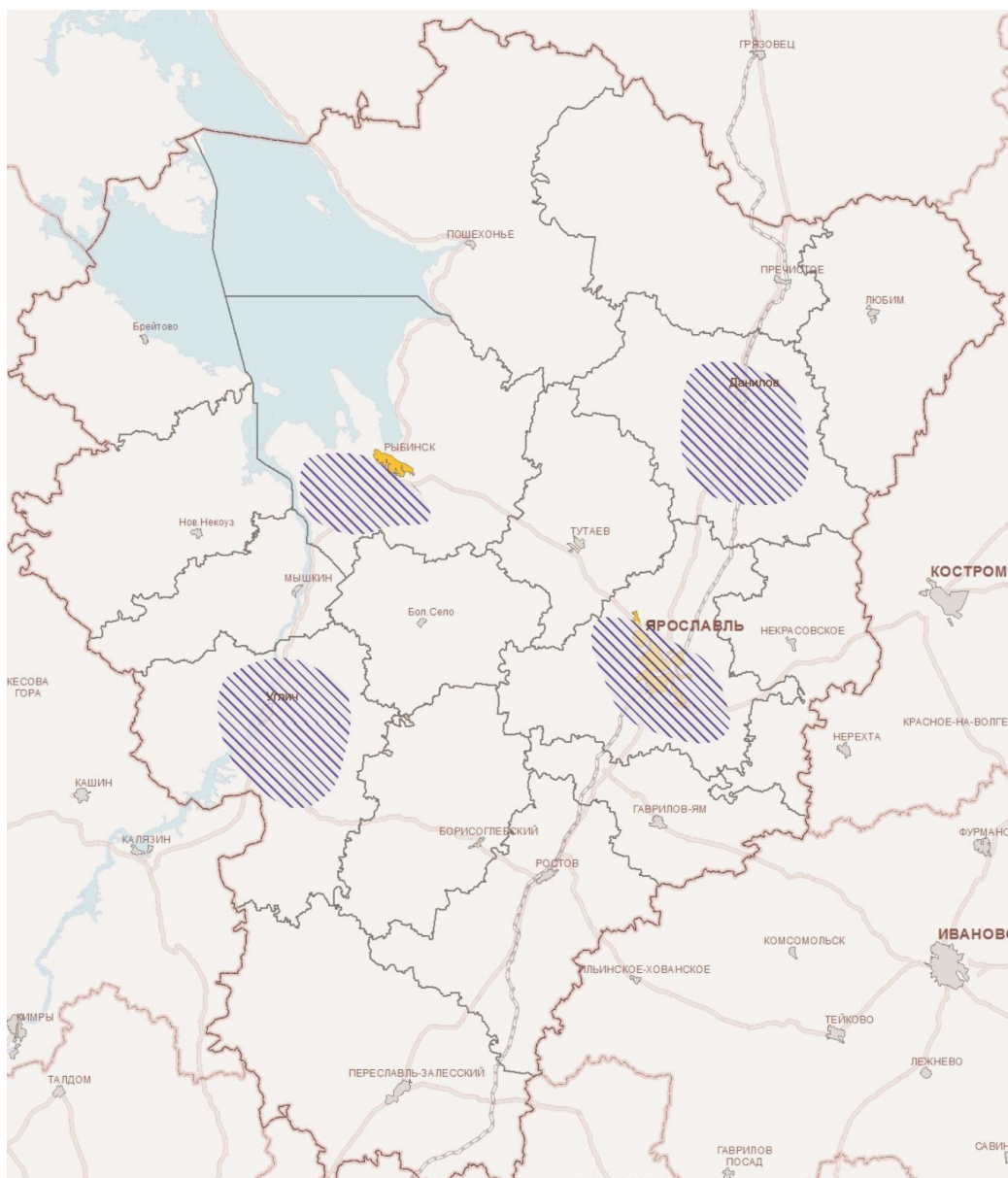


Рисунок 30 – Муниципальные районы Ярославской области, в которых выполнялись исследования по базовой схеме оценки риска здоровью населения (закрашенные области)

Источник: Орган по оценке риска здоровью населения АНО Научно-исследовательского проектного института «Кадастр», г. Ярославль

Основным источником информации являлись материалы природоохранной документации: по действующим предприятиям – это инвентаризации источников выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, проекты норм ПДВ, в случае отсутствия такой документации у предприятия, выбросы принимались расчетным методом или по аналогам; по проектируемым объектам – это природоохранные разделы проектной и предпроектной документации. В проектах норм ПДВ многих

промышленных предприятий были запланированы природоохранные мероприятия, направленные на сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что учитывалось в дальнейшем математическом моделировании рассеивания загрязняющих веществ. Ряд предприятий в течение периода исследований по оценке риска здоровью провели новую инвентаризацию источников загрязнения атмосферы или выполнили корректировку существующей, что также в дальнейшем приводило к корректировке результатов оценки риска. На некоторых предприятиях были запланированы реконструкции и развитие производства. Все технологические изменения, такие как реконструкция и техническое перевооружение, внедрение новых технологий и оборудования, обладающих позитивными экологическими характеристиками, а также улучшение собственно природоохранной работы на предприятиях (внедрение очистного оборудования, улучшение работы действующих очистных сооружений, благоустроительные мероприятия и т.д.) имеют прямое отношение к изменению динамики валовых выбросов химических токсикантов и отражаются на уровнях экспозиционной нагрузки в селитебной зоне. Такая динамичность и непостоянство процесса требует мониторинга и периодического пересмотра уровней хронических рисков здоровью и уровней экспозиции, в первую очередь среднегодовой, так как именно они являются прогностически важными. На основании выполненного анализа природоохранной документации (по действующим и проектируемым объектам) и составленного сводного перечня химических токсикантов, выбрасываемых в атмосферу промышленными предприятиями, были выполнены исследования по базовой схеме оценки риска здоровью населения. Все результаты эколого-географических исследований и оценки риска положены в основу формирования объективной и доказательной базы приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха, обоснования комплекса экологически-обусловленных заболеваний с учетом промышленной специфики Ярославской области, а также разработки критериев оценки медико-географической нагрузки данного региона. Это, в конечном счете, будет учтено в

разработке предложений по организации региональной системы мониторинга рисков здоровью. Рассмотрим результаты выполненных исследований более подробно.

4.1 Оценка приоритетности и обоснование выбора загрязняющих веществ с учетом территориальных особенностей и промышленной специфики Ярославской области

Идентификация опасности выполнялась строго в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920-04, а также Методическими рекомендациями ЦОС 001-13. В данных документах обоснована область применения оценки риска, в первую очередь, в целях экономического анализа различных вариантов и способов управления риском, в том числе для прогнозирования социальных и экономических последствий проведения альтернативных природоохранных и профилактических мероприятий.

Кроме юридического значения данных документов, в них представлен, на основе новых научных данных и опыта международного научного сообщества, ряд уточнений, касающихся уровней воздействия химических токсикантов, расширен их перечень, что необходимо учитывать при идентификации опасности и оценке риска здоровью населения. Наряду с этим, расширен перечень веществ, обладающих канцерогенным действием, а для ряда известных ранее канцерогенов уточнены факторы канцерогенной опасности при оценке риска здоровью. Ниже представлены результаты подробного анализа идентификации опасности, отбора и обоснования приоритетных химических веществ, соответствующих отраслевой специфике исследуемой территории.

4.1.1. Характеристика качественного и количественного состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

На данном этапе диссертационного исследования выявлялись потенциально вредные факторы, оценивалась связь между изучаемыми факторами и нарушением состояния здоровья человека. Проанализирована характеристика выбросов и источников выбросов токсических веществ. Оценка и анализ

качественного и количественного состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух является начальным этапом процедуры идентификации опасности. В настоящей работе оценка риска здоровью населения проводилась для предприятий I, II¹⁶ и дополнительно III классов опасности. Решение о включении в исследование предприятий III класса опасности принято с целью получения более полного перечня химических токсикантов, имеющих потенциальную угрозу здоровью населения и влияющих на качество окружающей среды. В отраслевом разрезе исследовательские работы выполнялись для широкого спектра объектов — это предприятия химии и нефтехимии, топливно-энергетического комплекса, машиностроения, транспортной индустрии, пищевой промышленности, сферы услуг и др.

Рассмотрим краткую характеристику рассматриваемых промышленных комплексов и промышленных объектов.

г. Ярославль. Южный промышленный узел. Южный промышленный узел (ЮПУ) г. Ярославля расположен в юго-западной части города. Единая санитарно-защитная зона предприятий ЮПУ, общей площадью 2300 га, охватывает территорию промышленного узла в пределах городской черты и часть Ярославского муниципального района. На территории ЮПУ расположено 64 промышленных предприятия (из них 34 оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду), площадь промышленных площадок составляет 1393,3 га. К предприятиям I, II и III классов опасности относятся 13 объектов. Выбросы в атмосферу от источников предприятий содержат большое количество вредных примесей: оксиды азота, взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода (так называемые основные вредные вещества), кроме них различные специфические вещества выбрасываются в атмосферу отдельными производствами, цехами, предприятиями. Общее количество источников загрязнения атмосферы составляет 1500 шт. (в том числе автомагистраль),

¹⁶ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.09.2007 № 74 (ред. от 25.04.2014) «О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». Согласно п.п. 2.1., 3.12., 3.13., 4.5. новой редакции СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 (изменение №4)

которые выбрасывают в атмосферный воздух 122 загрязняющих вещества. Валовый выброс всех рассматриваемых предприятий ЮПУ составляет 48500,859 т/год, суммарная мощность выброса – 3142,764 г/с.

Северный промышленный узел. Северный промышленный узел (СПУ) г. Ярославля расположен в северо-западной части города. В административном отношении он находится на территории Ленинского и Дзержинского районов города. На территории СПУ расположено 188 хозяйствующих субъектов, из которых 117 имеет источники вредного воздействия на атмосферный воздух. К предприятиям I, II и III классов опасности относятся 24 объекта. Эмиссия химических веществ в атмосферный воздух осуществляется в виде организованных и неорганизованных выбросов. Общее количество источников загрязнения промышленных предприятий Северного промышленного узла (СПУ) составляет 3880, из которых 3453 источника являются организованными и 427 – неорганизованными. Общее количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями СПУ составляет 235 токсикантов, валовый выброс которых равен 312690,584 т/год, суммарная мощность выброса – 2452,525 г/с.

Рыбинский муниципальный район. Полигон промышленных отходов «Глушицы». Полигон твердых промышленных отходов «Глушицы» НПО «Сатурн» располагается на землях Рыбинского муниципального района в пяти километрах к западу от г. Рыбинска. Общая площадь земельного участка, отведенного под полигон, составляет 6,5 га (без учета территории КПП и подъездной дороги), в том числе под складирование промышленных отходов – 4,4 га. Общее количество источников выбросов от данного объекта составляет 6, основная часть источников относится к низким (2 – 5 метров) и теплым (23 °С), два источника – горячие, температура выбросов газо-воздушной смеси которых составляет 120 – 400 °С. Общее количество загрязняющих атмосферный воздух веществ, включает 20 наименований, валовый выброс составляет 144,185792 т/год, суммарная мощность выброса – 5,0217701 г/с.

г. Рыбинск. Асфальтобетонный завод. Асфальтобетонный завод

располагается на землях Рыбинского муниципального района, Покровского сельского округа, в южном направлении от деревни Липовка. Общая площадь территории предприятия составляет 2,2784 га, в том числе площадь под застройкой – 0,1184 га, площадь асфальтового покрытия – 0,55657 га. Общее количество источников выбросов от данного объекта составляет 28, основная часть источников выбросов токсических веществ относится к низким и наземным, высота подъема находится в пределах от 2 до 8 метров. Один источник выбросов относится к средним и составляет 19 метров. По температуре газо-воздушной смеси основная часть источником относится к холодным, три источника выбросов – к горячим, от которых температура выбросов составляет 110 – 160 °С. Перечень веществ, загрязняющих атмосферу от объектов асфальтобетонного завода включает 32 наименования, валовый выброс составляет 17,884048 т/год, суммарная мощность выброса – 4,1865809 г/с.

Даниловский муниципальный район. Полигон твердых бытовых отходов «Тюхменево». Полигон ТБО располагается на землях Даниловского муниципального района Ярославской области в 6,23 км от границы г. Данилов. Общая площадь земельного участка, отведенного под полигон, составляет 4,62 га. На расстоянии 1 км от территории полигона проходит дорога общего пользования Данилов-Торопово.

Всего от объектов полигона ТБО в атмосферу выделяются загрязняющие вещества 16 наименований. Общий выброс загрязняющих веществ в атмосферу от объектов полигона ТБО составляет 269,0837 т/год, суммарная мощность выброса – 13,5579 г/с (включая выбросы от автотранспорта и спецтехники сторонних организаций).

Угличский муниципальный район. Полигон твердых бытовых отходов «дер. Селиваново». Полигон твердых бытовых отходов (ТБО) располагается на землях Угличского муниципального округа Ярославской области в 7,5 км от границы г. Углич. Общая площадь земельного участка, отведенного под полигон, составляет 5,80 га, в том числе под складирование ТБО – 2,95 га. На расстоянии

0,4 км от территории полигона проходит шоссе Ярославль-Углич. На территории полигона располагается 15 источников загрязнения. Основная часть источников загрязнения атмосферного воздуха относится к низким и наземным, высота подъема находится в пределах от 2 до 6,5 метров. Один источник выбросов относится к средним и составляет 18 метров. По температуре газо-воздушной смеси основная часть источников относится к теплым, шесть источников выбросов – к горячим, температура выбросов от которых составляет 80–180 °С. Перечень веществ, загрязняющих атмосферный воздух от полигона ТБО включает 29 наименований. В целом по рассматриваемому объекту валовый выброс составляет 611,346673 т/год, суммарная мощность выброса – 26,9018113 г/с.

С учетом выполненного анализа промышленной специфики Ярославской области, обобщения данных от стационарных и передвижных источников выбросов, был сформирован общий перечень загрязняющих веществ. Критерием оценки условной экспозиции был принят усредненный показатель среднегодовой величины выброса по данным томов ПДВ (тонны в год, т/год). Перечень загрязняющих веществ от исследуемых объектов включает 271 наименование. В целом, от рассматриваемых промышленных объектов, суммарное значение условной экспозиции химических токсикантов составило 59740,693 т/год ($M \pm m$ 9956,789±17,404 т/год).

В качестве начального этапа идентификации опасности, для определения потенциальных приоритетных химических токсикантов и вкладчиков в условную экспозиционную нагрузку выполнено ранжирование веществ по среднегодовой величине и приведена характеристика выбросов по классам опасности (таблица 22). Это необходимо для предварительной классификации выбросов по показателям опасности и выбора определенного приоритета в возможном негативном воздействии на население.

Таблица 22 – Ранжирование загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу по условной экспозиции

№ п/п	CAS	Код	Название выбрасываемых веществ	Класс опасности	Выброс, т/год	Вклад в выбросы, %	Ранг
1	7446-09-5	330	Сера диоксид	3	4085,515599	41,020101	1
2	–	416	Углеводороды пред. C6-C10 (по гексану)	–	1538,74736	15,449598	2
3	–	415	Углеводороды пред. C1-C5 (по метану)	–	1505,669252	15,117481	3
4	10102-44-0	301	Азота диоксид	2	813,9446725	8,172308	4
5	630-08-0	337	Углерод оксид	4	506,5467798	5,085919	5
6	10102-43-9	304	Азота оксид	3	413,9300948	4,156013	6
7	–	2754	Углеводороды пред. C12-C19	4	180,0874303	1,808145	7
8	74-82-8	410	Метан	–	164,3248352	1,649883	8
9	–	2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	3	145,9304859	1,465197	9
10	–	3714	Угольная зола (20-70% SiO ₂)	–	109,9679983	1,104120	10
11	108-88-3	621	Толуол	3	94,95368233	0,953370	11
12	71-43-5	602	Бензол	2	56,5727102	0,568011	12
13	1330-20-7	616	Ксилол (смесь изомеров)	3	52,82067507	0,530339	13
14	–	3729	Пыль катализаторная	–	42,048	0,422178	14
15	106-97-8	402	Бутан	4	38,78646667	0,389431	15
16	1333-86-4	328	Углерод черный (Сажа)	3	19,72526412	0,198049	16
17	78-93-3	1409	Метилэтилкетон	1	16,35337283	0,164194	17
18	1332-37-2	123	Железа оксид	3	14,81260835	0,148724	18
19	1318-02-1	2933	Алюмосиликаты	2	12,3083	0,123580	19
20	8030-30-6	2752	Уайт-спирит	–	10,80308785	0,108467	20

Ранжирование химических токсикантов по величине условной экспозиции от источников исследуемых объектов позволило определиться с возможными приоритетными загрязнителями. В качестве условно приоритетных отобрано 20 загрязнителей с вкладом в суммарные выбросы по всей массе веществ на уровне 98,6 %. Цветом выделены основные загрязнители (11 веществ) с максимальным вкладом в общие выбросы по всем рассматриваемым предприятиям (95 %). Так, основными вкладчиками в суммарный выброс на уровне 95% являются: сера диоксид (вклад в суммарный годовой выброс – 41 %, величина условной экспозиции – 4085,51 т/год), предельные углеводороды C6-C10 (вклад в

суммарный годовой выброс – 15 %, величина условной экспозиции – 1538,74 т/год), предельные углеводороды C1-C5 (вклад в суммарный годовой выброс – 15 %, величина условной экспозиции – 1505,67 т/год), азота диоксид (вклад в суммарный годовой выброс – 8 %, величина условной экспозиции – 813 т/год), углерода оксид (вклад в суммарный годовой выброс – 5%, величина условной экспозиции – 506,55 т/год), азота оксид (вклад в суммарный годовой выброс – 4 %, величина условной экспозиции – 413,93 т/год), предельные углеводороды C12-C19 (вклад в суммарный годовой выброс – 2%, величина условной экспозиции – 180,09 т/год), метан (вклад в суммарный годовой выброс – 2%, величина условной экспозиции – 164,32 т/год), пыль неорганическая 70-20 % SiO₂ (вклад в суммарный годовой выброс – 1,4%, величина условной экспозиции – 145,93 т/год), угольная зола (20-70 % SiO₂) (вклад в суммарный годовой выброс – 1,1%, величина условной экспозиции – 109,97 т/год), толуол (вклад в суммарный годовой выброс – 0,9%, величина условной экспозиции – 94,95 т/год). Остальные 9 загрязнителей имеют вклады менее 0,9 % (таблица 22).

В качестве дополнения в эколого-гигиенической части исследования и начале работы по определению приоритетов рассмотрены представленные загрязнители с точки зрения их классов опасности, а также выявлены основные вкладчики в тот или иной класс опасности. Анализ загрязняющих веществ выбрасываемых промышленными объектами по классам опасности показывает, что наибольшее количество веществ являются неклассифицируемыми и составляют 34 % из всего объема выбросов. Как правило, и в большей мере данные загрязнители имеют низкий вклад в суммарную величину условной экспозиции и рассматриваются как не приоритетные. Однако 4 неклассифицируемых загрязнителя (метан, угольная зола (20-70% SiO₂), пыль катализаторная, уайт-спирит) вошли в предварительный список условно приоритетных химических токсикантов. На втором месте по количеству веществ содержащихся в выбросах стоят представители 3 класса опасности – классифицируемые как умеренно опасные вещества (26 %). Третье место

принадлежит веществам 2 класса опасности – высоко опасные вещества (рисунок 31).

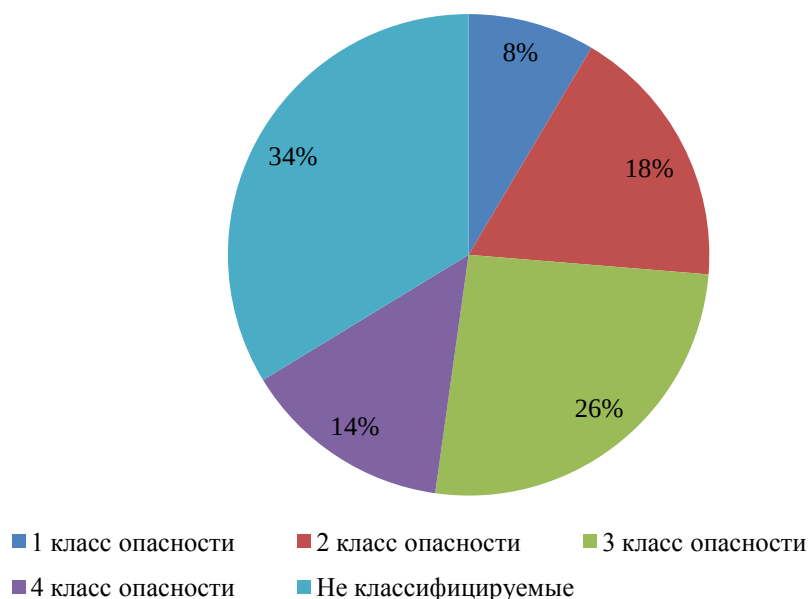


Рисунок 31 – Структура выбросов загрязняющих веществ в Ярославской области по классам опасности

Оценка выбросов веществ 3 класса опасности с учетом вкладов в общий выброс по данному классу опасности, показывает, что условную приоритетность имеют 6 загрязнителей (сера диоксид, азота оксид, пыль неорганическая: 70-20 % SiO_2 , толуол, углерод (сажа), ксилол) на уровне 99 % вклада от суммарной величины условной экспозиции, при чем вклад серы диоксида составляет 84 % (4085,5 т/год). У загрязнителей 2 класса опасности условную приоритетность на уровне 99 % имеют 5 веществ (азота диоксид, бензол, алюмосиликаты, сероводород, серная кислота), при этом основным вкладчиком в величину суммарной условной экспозиции вносит азота диоксид (90 % – 813,9 т/год). По 4 классу опасности условную приоритетность имеют 8 загрязнителей (углерод оксид, предельные углеводороды $\text{C}_{12}\text{-C}_{19}$, бутан, ацетон, аммиак, этанол, метил-трет-бутиловый эфир, бензин нефтяной), общий вклад которых составляет 98 % в суммарную величину условной экспозиции. Первое ранговое место имеет углерод оксид с вкладом в суммарный выброс – 66 % (506,5 т/год). Наиболее токсикологически агрессивными загрязняющими веществами, являются вещества

1 класса опасности, для данных веществ характерен не высокий уровень выбросов и не значительное количество самих веществ (23 вещества), при этом на уровне 98,5 % от суммарной величины условной экспозиции отобрано 7 условно приоритетных загрязнителей (метилэтилкетон, ванадия пятиокись, триэтиленгликоль, сольвент нефтяной, масло минеральное нефтяное, пыль резинового вулканизата, дибутилфталат). Первое ранговое место с 53 % (16,3 т/год) вкладом в общий выброс по данному классу имеет метилэтилкетон.

4.1.2. Ранжирование и выбор приоритетных химических веществ Ярославской области

Процесс установления причинной связи между воздействием химического вещества, поступающего в атмосферный воздух, и развитием неблагоприятных эффектов, связанных со здоровьем населения лежит в основе ранжирования загрязнителей по степени вредного эффекта и дальнейшего выявления приоритетных источников риска здоровью населения, наиболее поражаемых органов и систем, составления списка «индикаторных веществ» для контроля и мониторинга потенциальной опасности на исследуемой территории.

Определение приоритетных химических токсикантов характерных для Ярославской области с учетом её промышленной специфики, является основополагающим элементом обоснования выбора экологически обусловленных заболеваний области и возможности проведения адекватного эколого-географического и медико-географического анализа рассматриваемой территории. По мнению Зайцевой Н.В., Устиновой О.Ю., Земляновой М.А. (2015) решение проблемы риск-ассоциированных заболеваний, в первую очередь связанных с воздействием факторов среды обитания, «...должны базироваться на результатах глубокого научного анализа степени риска...».

Весь процесс оценки приоритетности загрязнителей построен на том, чтобы как можно более точно и полно установить на качественном уровне весомости доказательств возможности рассматриваемых химических токсикантов вызывать негативные эффекты у экспонируемого или потенциально экспонируемого

населения. Научно обоснованный перечень загрязнителей в дальнейшем позволит с достаточной надежностью охарактеризовать вероятность возникновения нарушений состояния здоровья населения и выделить источники возникновения рисков.

В данной диссертационной работе в качестве основы идентификации опасности выбросов промышленных предприятий для здоровья населения использовалась референтная концентрация (RfC), которая установлена в качестве предела ингаляционного воздействия на человека потенциально опасных уровней химических токсикантов в атмосферном воздухе: нормативный уровень для неканцерогенных эффектов, принятый при оценке риска здоровью. Параметры для оценки неканцерогенного действия уточнялись при помощи анализа постоянно обновляемых токсикологических баз данных IRIS (Integrated Risk Information System), ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry), ОЕННА (Office of Environmental Health Hazard Assessment).

Ранжирование загрязнителей с неканцерогенным эффектом. В качестве неканцерогенных загрязняющих веществ рассматривались все вещества выбрасываемые исследуемыми предприятиями. Всего идентифицировано 271 вещество. Рекомендуемый критерий отбора для оптимизации моделирования и расчетов и сокращения возможной ошибки в оценке риска здоровью населения составляет 90 %. Поэтому в исследование были включены вещества, ранговые индексы неканцерогенной опасности которых составляли не менее 90 % от суммарного рангового индекса всех исследуемых химических токсикантов выбрасываемых рассматриваемыми предприятиями Ярославской области. Ранжирование выполнялось по индексу сравнительной опасности (HRI) с учетом референтной концентрации и весовых коэффициентов по методике описанной в главе 2.

Из общего перечня приоритетных веществ, не обладающих канцерогенными эффектами, а также веществ, которые классифицируются как канцерогены, но при этом обладают неканцерогенной активностью, для

дальнейшего рассмотрения и оценки опасности были отобраны те вещества (20 загрязнителей), суммарная величина рангового индекса (HRI) которых составляет 97,7 % от суммарной величины HRI по общему перечню загрязнителей всех предприятий (таблица 23). Следует отметить, что для выполнения процедуры оценки риска здоровью населения и дальнейшего обоснования экологически обусловленных заболеваний с целью эколого-географического и медико-географического анализа было отобрано 10 токсикантов (выделены цветом), которые имеют наибольший вес (на уровне 94,2 %) и значимость по сравнению с другими рассматриваемыми загрязнителями.

Таблица 23 – Ранжирование неканцерогенных загрязняющих веществ с учетом промышленной специфики Ярославской области

№ п/п	CAS	Код	Название выбрасываемых веществ	Класс опасности	Выброс, т/год	ПДКсс, мг/м3	RfC, мг/м3	HRI	% HRI	Ранг по неканцерогенному действию
1	7446-09-5	330	Сера диоксид	3	4085,515599	0,05	0,05	408551,6	37,01443	1
2	1314-62-1	110	Ванадия пятиокись	1	3,7759245	0,002	0,00007	377592,5	34,20956	2
3	10102-44-0	301	Азота диоксид	2	813,9446725	0,04	0,04	81394,47	7,37427	3
4	7664-939	322	Серная кислота	2	4,174829383	0,1	0,001	41748,29	3,78236	4
5	10102-43-9	304	Азота оксид	3	413,9300948	0,06	0,06	41393,01	3,750172	5
6	124-40-3	1819	Диметиламин	2	0,259493833	0,0025	0,00002	25949,38	2,350992	6
7	107-02-8	1301	Акролеин	2	0,2144215	0,01	0,00002	21442,15	1,942641	7
8	–	2946	Пыль металлическая	1	0,171056667	0,0001	–	17105,67	1,549759	8
9	–	2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	3	145,9304859	0,1	0,1	14593,05	1,322118	9
10	7439-96-5	143	Марганец и его соединения	2	0,1032718	0,001	0,00005	10327,18	0,935634	10
11	71-43-5	602	Бензол	2	56,5727102	0,1	0,03	5657,271	0,512544	11
12	1330-20-7	616	Ксилол (смесь изомеров)	3	52,82067507	0,2 м/р	0,1	5282,068	0,478551	12
13	7783-06-4	333	Сероводород	2	4,790886267	0,008 м/р	0,002	4790,886	0,43405	13
14	8008-20-6	2732	Керосин	–	4,498335033	1,2 ОБУВ	0,01	4498,335	0,407545	14
15	–	3729	Пыль катализаторная	–	42,048	0,04 ОБУВ	–	4204,8	0,380951	15
16	7727-43-7	108	Бария сульфат	–	0,041544	0,1 ОБУВ	0,00005	4154,4	0,376385	16
17	–	2904	Мазут. зола электростанций	2	3,4268	0,002	–	3426,8	0,310465	17
18	7440-39-3	231	Барий и его соли	2	0,244275333	0,01	0,0005	2442,753	0,221311	18
19	1333-86-4	328	Углерод черный (Сажа)	3	19,72526412	0,05	0,05	1972,526	0,178709	19
20	–	2754	Углеводороды пред. C12-C19	4	180,0874303	1 м/р	–	1800,874	0,163158	20

Как показывают данные, приведенные в таблице 23, токсиканты имеют различные классы опасности от 1 до 4, включая не классифицируемые. При этом в первой десятке приоритетных веществ находятся два загрязнителя первого класса опасности – ванадия пятиокись и металлическая пыль, пять загрязнителей второго класса опасности – азота диоксид, серная кислота, диметиламин, акролеин, марганец и его соединения, и три вещества третьего класса опасности – сера диоксид, азота оксид, пыль неорганическая 70-20 % SiO_2 . Первое ранговое значение из исследуемых токсикантов занимает сера диоксид, вклад которой составляет 37 %, на втором ранговом месте стоит ванадия пятиокись с вкладом в суммарный индекс сравнительной опасности 34 %, на третьем месте – азота диоксид (7,4 %). Остальные приоритетные токсиканты имеют вклады от 4 до 0,9 %, к ним относят: серную кислоту, азота оксид, диметиламин, акролеин, пыль металлическую, пыль неорганическую: 70-20% SiO_2 , марганец и его соединения, их ранговые значения равны 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 местам соответственно.

Уже на стадии идентификации опасности, исходя из наших данных, прорисовывается серьезная проблема, которая ставит значительные неопределенности в отношении российского нормирования, в частности обеспечения безопасности на уровне среднесуточных предельно допустимых концентраций. В нашем перечне приоритетных загрязнителей имеется ряд токсикантов (ванадия пятиокись, серная кислота, диметиламин, акролеин, марганец и его соединения, бензол, барий и его соли) ПДКсс которых имеют значительную разницу по сравнению с величиной RfC хронического воздействия, т.е. такой концентрации при воздействии которой не будет наблюдаться неприемлемый риск здоровью населения, включая чувствительные группы. Анализ нормативных значений данных проблемных загрязнителей показал, что величина неканцерогенного риска хронического воздействия (по коэффициенту опасности – HQ) на уровне ПДКсс составляет от 3 до 500 ед., что показывает чрезвычайно высокие значения неканцерогенного риска. Наиболее проблемными токсикантами в этом отношении являются: акролеин, HQ которого составляет

500 ед. (норма $HQ < 1$), диметиламин – HQ составляет 125 ед., серная кислота – 100 ед, ванадия пятиокись – 28 ед., марганец и его соединения и барий и его соли – 20 ед., бензол – 3 ед. Такая критическая ситуация по ряду соединений несомненно нуждается в гармонизации нормативной базы с учетом показателей рисков величин.

Ранжирование загрязнителей с канцерогенным эффектом. На этапе идентификации опасности химических канцерогенов было выявлено 31 загрязняющее атмосферный воздух вещество. Согласно Руководства Р 2.1.10.1920-04 и Информационно-методического письма Департамента Госсанэпиднадзора МЗ РФ №1100/731-01-111 от 26.03.2001 «Оценка риска многосредового воздействия химических веществ (расчет дозовой нагрузки, критерии оценки риска канцерогенных и неканцерогенных эффектов)» был выполнен расчет ранговых коэффициентов канцерогенной опасности ($HRIC$) для веществ, входящих в состав выбросов рассматриваемых предприятий, при этом весовые коэффициенты принимались на основании значений фактора канцерогенного потенциала (SFi), методика расчета $HRIC$ описана в главе 2.

Из общего перечня химических канцерогенов, для дальнейшего рассмотрения их канцерогенных свойств были отобраны вещества (11 загрязнителей), суммарная величина рангового индекса ($HRIC$) которых составляет 99% от суммарной величины $HRIC$ по общему перечню химических канцерогенов присутствующих в выбросах всех рассматриваемых предприятий (таблица 24).

Таблица 24 – Ранжирование канцерогенных загрязняющих веществ с учетом промышленной специфики Ярославской области

№ п/п	CAS	Код	Название выбрасываемых веществ	Класс опаснос- ти	Выброс, т/год	ПДКс/с, мг/м3	RfC, мг/м3	Канцерогенная опасность по группе МАИР	SF [(кг×сут.)/ (мг.)]	HRIC	% HRIC	Ранг по канцероген- ному действию
1	71-43-5	602	Бензол	2	56,5727102	0,1	0,03	1	0,027	5657,271	44,44127	1
2	1333-86-4	328	Углерод черный (Сажа)	3	19,72526412	0,05	0,05	1	0,0155	1972,526	15,49538	2
3	106-99-0	503	1,3-Бутадиен	4	1,537797333	1	0,002	2A	0,105	1537,797	12,08032	3
4	18540-29-9	203	Хрома (VI) оксид	1	0,012014	0,0015	0,0001	1	42	1201,4	9,43772	4
5	1332-21-4	2931	Пыль асбестосодержаща- я (асбесты)	1	0,010862	0,06	–	1	22	1086,2	8,532754	5
6	8006-61-9	2704	Бензин нефтяной	4	4,41746555	1,5	0,071	2B	0,035	441,7466	3,470185	6
7	107-13-1	2001	Акрилонитрил	2	0,314313667	0,03	0,002	2B	0,24	314,3137	2,469123	7
8	7803-57-8	2005	Гидразин гидрат	1	0,001833333	0,001 ОБУВ	0,0002	–	17	183,3333	1,440194	8
9	75-07-0	1317	Ацетальдегид	3	0,925894267	0,01 м/р	0,009	2B	0,0077	92,58943	0,727346	9
10	50-00-0	1325	Формальдегид	2	0,775849217	0,003	0,003	2A	0,046	77,58492	0,609476	10
11	1300-21-6	856	1,2-Дихлорэтан	2	0,049346833	1	0,4	2B	0,091	49,34683	0,387649	11

Дальнейший анализ данных представленных в таблице 24, позволил выделить значимые химические канцерогены (8 веществ) с наибольшим вкладом в ранговые показатели (на уровне 97,4 %). Именно данные вещества можно с уверенностью считать типичными и приоритетными для Ярославской области (выделенные цветом). Первые три ранговых места разделяют: бензол, вклад в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности составляет 44,4 %; сажа – 15,5 % и 1,3-бутадиен – 12,1 %. Вклады остальных веществ находятся в пределах от 9,4 – 0,4 %. Четыре канцерогена относятся к группе 1 канцерогенности по классификации МАИР, т.е. это те загрязнители, для которых существуют достоверные сведения о канцерогенности для человека. К группе 1 канцерогенов относятся: бензол (1 ранг), сажа (2 ранг), хрома (VI) оксид (4 ранг), пыль асбестосодержащая (5 ранг). Остальные канцерогены относятся к группам 2А, 2В – вероятным канцерогенам для человека.

4.1.3. Выбор показателей опасности потенциально вредных факторов

На этапе идентификации опасности при выборе показателей опасности потенциально вредных факторов, необходимых для решения конкретных задач оценки риска, формируется предварительный сценарий и определяются предварительные маршруты и пути воздействия химических веществ, которые в последующем уточняются на этапе оценки экспозиции.

4.1.3.1. Анализ информации о показателях опасности химических канцерогенов

Анализ информации о показателях опасности химических канцерогенов основан на установлении степени доказанности канцерогенности исследуемого вещества для человека; выявлении условий реального проявления канцерогенного эффекта; оценки соответствия этих условий специфическим особенностям выбранного сценария воздействия. С целью характеристики наличия информации, необходимой на последующих этапах оценки риска канцерогенов, выполнен анализ сведений о показателях опасности развития канцерогенных эффектов для всей группы приоритетных загрязнителей (таблица 25).

Таблица 25 – Сведения о показателях опасности развития канцерогенных эффектов

№ п/п	CAS	Код	Название вещества	Ингаляционное воздействие			
				МАИР ¹⁷	EPA ¹⁸	SFi ¹⁹	Uri ²⁰ (мг/м ³)
1	71-43-5	602	Бензол	1	A	0,027	0,00771429
2	1333-86-4	328	Углерод черный (сажа)	1	–	0,0155	0,00442857
3	106-99-0	503	1,3-Бутадиен	2A	A/B2	0,105	0,03
4	18540-29-9	203	Хрома (VI) оксид	1	A	42	12
5	1332-21-4	2931	Пыль асбестсодержащая (асбесты)	1	A	22	6,28571429
6	8006-61-9	2704	Бензин нефтяной	2B	B2	0,035	0,01
7	107-13-1	2001	Акрилонитрил	2B	B1	0,24	0,06857143
8	7803-57-8	2005	Гидразин гидрат	–	B2	17	4,85714286
9	75-07-0	1317	Ацетальдегид	2B	B2	0,0077	0,0022
10	50-00-0	1325	Формальдегид	2A	B1	0,046	0,01314286
11	1300-21-6	856	1,2-Дихлорэтан	2B	B2	0,091	0,026

Примечание: Цветом выделены типичные и приоритетные для Ярославской области канцерогенные токсиканты с максимальными вкладами в канцерогенную опасность

Анализ канцерогенных свойств исследуемых загрязнителей (таблица 25) включал в себя обобщение данных о степени доказанности канцерогенного действия двух приоритетных зарубежных организаций Международного агентства по изучению рака (МАИР) и Агентства по охране окружающей среды США (U.S. EPA). Отдельно рассматривался фактор канцерогенного потенциала (SFi), как степень увеличения вероятности развития злокачественного новообразования при воздействии химического канцерогена, а также вычислялась величина единичного риска (Uri), отражающая верхнюю доверительную границу дополнительного пожизненного риска при ингаляционном воздействии загрязнителя. В связи с тем, что в выбросах загрязняющих веществ имеется достаточно агрессивный токсикант бенз/а/пирен, в тем более что это фоновый загрязнитель, было принято решение о включении бенз/а/пирена в перечень

¹⁷ МАИР – классификация Международного агентства по изучению рака.

¹⁸ EPA – классификация степени доказанности канцерогенности для человека U.S. EPA.

¹⁹ SFi – фактор канцерогенного потенциала для ингаляционного воздействия (мг/(кг×сут.))⁻¹.

²⁰ Uri – величина единичного риска при ингаляционном воздействии для канцерогенов. Единичный риск – верхняя доверительная граница дополнительного пожизненного риска, обусловленного воздействием химического вещества в концентрации 1 мкг/м³ (ингаляция загрязненного воздуха).

исследуемых токсикантов не смотря на его малые концентрации.

Отдельно рассмотрим показатели канцерогенной опасности бенз/а/пирена более подробно. Анализ показателей канцерогенной опасности бенз/а/пирена основан на установлении степени доказанности канцерогенности для человека исследуемого вещества; выявлении условий реального проявления канцерогенного эффекта, с этой целью выполнен анализ сведений о показателях опасности развития канцерогенных эффектов при воздействии бенз/а/пирена (таблица 26).

Таблица 26 – Сведения о показателях опасности развития канцерогенных эффектов

CAS	Код	Название вещества	Ингаляционное воздействие			
			МАИР ²¹	EPA ²²	SFi ²³	Uti ²⁴ (мг/м ³)
50-32-8	703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	2A	B2	3,9	1,114285714

По группе Международного Агентства Исследования Рака (МАИР) и Агентства по охране окружающей среды США (EPA) бенз/а/пирен относится к вероятным химическим канцерогенам для человека (группа 2A по классификации МАИР, B2 – по классификации EPA) фактор наклона составляет 3,9 мг/(кг×сут.)⁻¹, уровень единичного канцерогенного риска – 1,1142857 мг/м³. Оценка развития критических эффектов и поражение органов и систем органов при воздействии бенз/а/пирена (таблица 27).

Таблица 27 – Критерии оценки канцерогенных эффектов бенз/а/пирена при ингаляционном воздействии

CAS	Код	Наименование вещества	URi, мкг/м ³	Коэф-фи-циент	Sfi (мг/кг-день) ⁻¹	МАИР/ EPA	Источник	Дата
50-32-8	703	Бенз/а/пирен	1,1	0,28	3,9	2A/B2	IRIS; ATSDR P2.1.10.19 20-04	1995г. 2004 г.

Примечание: Коэффициент – коэффициент пересчета единичного риска в фактор канцерогенного потенциала

²¹ МАИР – классификация Международного агентства по изучению рака.

²² EPA – классификация степени доказанности канцерогенности для человека U.S. EPA.

²³ SFi – фактор канцерогенного потенциала для ингаляционного воздействия (мг/(кг×сут.))⁻¹.

²⁴ Uti – величина единичного риска при ингаляционном воздействии для канцерогенов. Единичный риск – верхняя доверительная граница дополнительного пожизненного риска, обусловленного воздействием химического вещества в концентрации 1 мкг/м³ (ингаляция загрязненного воздуха).

Таким образом, по группе МАИР к канцерогенам с установленными канцерогенными эффектами (группа 1 по классификации МАИР, А – по классификации ЕРА) относятся 4 вещества: бензол: фактор наклона для данного загрязнителя равен $0,027 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$, уровень единичного канцерогенного риска – $0,0077 \text{ мг}/\text{м}^3$; сажа: фактор наклона составляет $0,0155 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$, уровень единичного канцерогенного риска – $0,0044 \text{ мг}/\text{м}^3$; хром (VI) оксид: фактор наклона – $42 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$, уровень единичного канцерогенного риска для данного токсиканта равен $12 \text{ мг}/\text{м}^3$; пыль асбестосодержащая (по асбестам): фактор наклона – $22 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$, уровень единичного канцерогенного риска – $6,28 \text{ мг}/\text{м}^3$.

К вероятным химическим канцерогенам для человека (группа 2А по классификации МАИР, В2 – по классификации ЕРА) относятся 2 загрязнителя: 1,3-бутадиен: с фактором наклона $0,105 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$, уровень единичного канцерогенного риска – $0,03 \text{ мг}/\text{м}^3$ и формальдегид: с фактором наклона $0,046 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$, уровень единичного канцерогенного риска – $0,013 \text{ мг}/\text{м}^3$, бенз/а/пирен: с фактором наклона $3,9 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$, уровень единичного канцерогенного риска – $1,1 \text{ мг}/\text{м}^3$.

К возможным канцерогенным токсикантам для человека (группа 2В по классификации МАИР, В2 и D – по классификации ЕРА) относятся 5 веществ: бензин нефтяной, акрилонитрил, гидразин гидрат, ацетальдегид, 1,2-дихлорэтан. Фактор наклона для бензина нефтяного – $0,035 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$; акрилонитрила – $0,24 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$; гидразина гидрата – $17 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$; ацетальдегида – $0,0077 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$, 1,2-дихлорэтана – $0,091 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут.})^{-1}$. Уровни единичного канцерогенного риска составляют для бензина нефтяного – $0,01 \text{ мг}/\text{м}^3$; акрилонитрила – $0,068 \text{ мг}/\text{м}^3$; гидразина гидрата – $4,857 \text{ мг}/\text{м}^3$; ацетальдегида – $0,0022 \text{ мг}/\text{м}^3$; 1,2-дихлорэтана – $0,026 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Наиболее канцерогенно опасные загрязнители вошли в "красную зону" приоритетного списка.

4.1.3.2. Анализ информации о показателях опасности химических неканцерогенов

Анализ наличия данных о референтных уровнях воздействия химических веществ, включенных в перечень приоритетных соединений, представлен в таблице 28. В данном анализе указываются те критические органы/системы и токсические эффекты, которые соответствуют установленным референтным концентрациям. В связи с тем, что анализируются токсиканты атмосферного воздуха при ингаляционном воздействии возможного экспонируемого населения, рассматриваются концентрации веществ (мг/м³).

Таблица 28 – Сведения о показателях опасности развития неканцерогенных эффектов (общий список приоритетных веществ)

№ п/п	CAS	Код	Название вещества	RfC ²⁵ , мг/м ³	Критический эффект	Источник данных	ЭКР ²⁶
1	7446-09-5	330	Сера диоксид	0,05	Органы дыхания, смертность	ATSDR, 1998 г.; P 2.1.10.1920-04	—
2	1314-62-1	110	Ванадия пятиокись	0,00007	Органы дыхания	IRIS; ATSDR, 2012 г.; P 2.1.10.1920-04	—
3	10102-44-0	301	Азота диоксид	0,04	Органы дыхания, кровь (образование MetHb)	IRIS; ATSDR, 2012 г.; P 2.1.10.1920-04	—
4	7664-939	322	Серная кислота	0,001	Органы дыхания	ATSDR, 1998 г.; P 2.1.10.1920-04	—
5	10102-43-9	304	Азота оксид	0,06	Органы дыхания, кровь (образование MetHb)	IRIS; ATSDR, 2012 г.; P 2.1.10.1920-04	—
6	124-40-3	1819	Диметиламин	0,00002	Органы дыхания, CCC, кровь, ЦНС	EPA	—
7	107-02-8	1301	Акролеин	0,00002	Органы дыхания, глаза	IRIS; P 2.1.10.1920-04	—
8	—	2946	Пыль металлическая	—	Органы дыхания (вероятно)	—	—
9	—	2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	0,1	Органы дыхания (по взвешенным веществам),	P 2.1.10.1920-04	—

²⁵ RfC – референтная концентрация, мг/м³;

²⁶ ЭКР – наличие эпидемиологических критериев риска (т.е. зависимостей концентрация-ответ, полученных в эпидемиологических исследованиях)

№ п/п	CAS	Код	Название вещества	RfC ²⁵ , мг/м ³	Критический эффект	Источник данных	ЭКР ²⁶
					системное, смертность		
10	7439-96-5	143	Марганец и его соединения	0,00005	ЦНС, нервная система, органы дыхания, CCC, печень	IRIS; P 2.1.10.1920-04	—
11	71-43-5	602	Бензол	0,03	Развитие, кровь, красный костный мозг, ЦНС, иммунная система, CCC, репродуктивная система, почки	IRIS; ATSDR, 2007 г.; P 2.1.10.1920-04	—
12	1330-20-7	616	Ксилол (смесь изомеров)	0,1	ЦНС, органы дыхания, почки, печень, глаза	IRIS; ATSDR, 2007 г.; P 2.1.10.1920-04	—
13	7783-06-4	333	Сероводород	0,002	Органы дыхания (воспаление слизистой носа)	ATSDR, 2006 г.; P 2.1.10.1920-04	—
14	8008-20-6	2732	Керосин	0,01	Печень	ATSDR, 1995 г.; P 2.1.10.1920-04	—
15	—	3729	Пыль катализаторная	—	—	—	—
16	7727-43-7	108	Бария сульфат	0,00005	Репродуктивная и сердечно- сосудистая системы	P 2.1.10.1920-04	—
17	—	2904	Мазут. зола электростанций	—	—	—	—
18	7440-39-3	231	Барий и его соли	0,0005	Репродуктивная и сердечно- сосудистая системы	P 2.1.10.1920-04	—
19	1333-86-4	328	Углерод черный (Сажа)	0,05	Органы дыхания, системн., зубы	EPA, 2005 г.; P 2.1.10.1920-04	—
20	—	2754	Углеводороды пред. C12-C19	—	—	—	—

Примечание: Цветом выделены загрязняющие вещества, при оценке приоритетности которых выявлен их наибольший вес (на уровне 94,2 %) и значимость по сравнению с другими рассматриваемыми загрязнителями исследуемых предприятий Ярославской области

При сопоставлении токсических эффектов выполнена группировка веществ по их вредным эффектам и критическим органам и системам, то есть рассматривалась направленность токсического действия. Такая группировка необходима для того, чтобы в дальнейшем, в процедурах обоснования выбора

экологически обусловленных заболеваний выделить индикаторные показатели заболеваемости. Развитие неканцерогенных эффектов могут наблюдаться со стороны следующих критических органов и систем:

- органы дыхания (сера диоксид, ванадия пятиокись, азота диоксид, азота оксид, серная кислота, марганец и его соединения, пыль неорганическая 70-20%SiO₂, ксилол, сероводород, углерод черный (сажа), пыль металлическая, акролеин);
- центральная нервная система – влияние на центральную нервную систему, влияние на периферическую нервную систему, включая дегенерацию миелиновых оболочек (марганец и его соединения, бензол, ксилол);
- сердечно-сосудистая система (марганец и его соединения, бензол, бария сульфат и барий и его соли);
- кровь – влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови (азота оксид, азота диоксид, бензол);
- развитие – влияние на процессы развития организма, включая эмбриотоксическое и тератогенное действие, нарушения интеллектуального развития и способности к обучению (бензол);
- глаза (акролеин, ксилол);
- печень (марганец и его соединения, ксилол, керосин);
- почки (бензол, ксилол);
- зубы (углерод черный (сажа));
- системное действие (углерод (сажа), пыль неорганическая 70-20%SiO₂);
- иммунная система – влияние на иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммуотоксическое действие (бензол);
- репродуктивная система (бензол, барий и его соли и бария сульфат);
- смертность (сера диоксид, пыль неорганическая 70-20%SiO₂);
- нервная система (марганец и его соединения);
- красный костный мозг (бензол).

Выполненные исследования позволили из большого количества веществ (271 загрязнитель), характерных для Ярославской области и учитывая ее промышленную специфику, выделить и обосновать те химические токсиканты, которые имеют максимальную значимость в отношении риска развития неблагоприятных эффектов на здоровье населения включая чувствительные группы.

Географический анализ с использованием суммарного индекса сравнительной неканцерогенной опасности по основным, контролируемым Ярославским ЦГМС загрязнителям, позволяет выделить потенциальные приоритетные территории Ярославской области, в которых можно предполагать увеличение неканцерогенных рисков здоровью населения (рисунок 32). В приоритетные зоны Ярославской области входят: г. Ярославль и г. Рыбинск, Ярославский район, Мышкинский, Большесельский, Переславский, Ростовский и Даниловский районы.

Следует отметить, что в настоящее время выбор контролируемых загрязняющих веществ не опирается на характеристики опасности и рисков здоровью, что является несомненным пробелом в процедурах контроля и надзора. Это можно заметить в данном перечне контролируемых загрязнителей, который является неполным и не учитывает остальные вещества, оцененные по критериям опасности как приоритетные, однако и в таком укрупненном варианте, географический анализ позволяет сориентироваться в наиболее проблемных зонах Ярославской области.

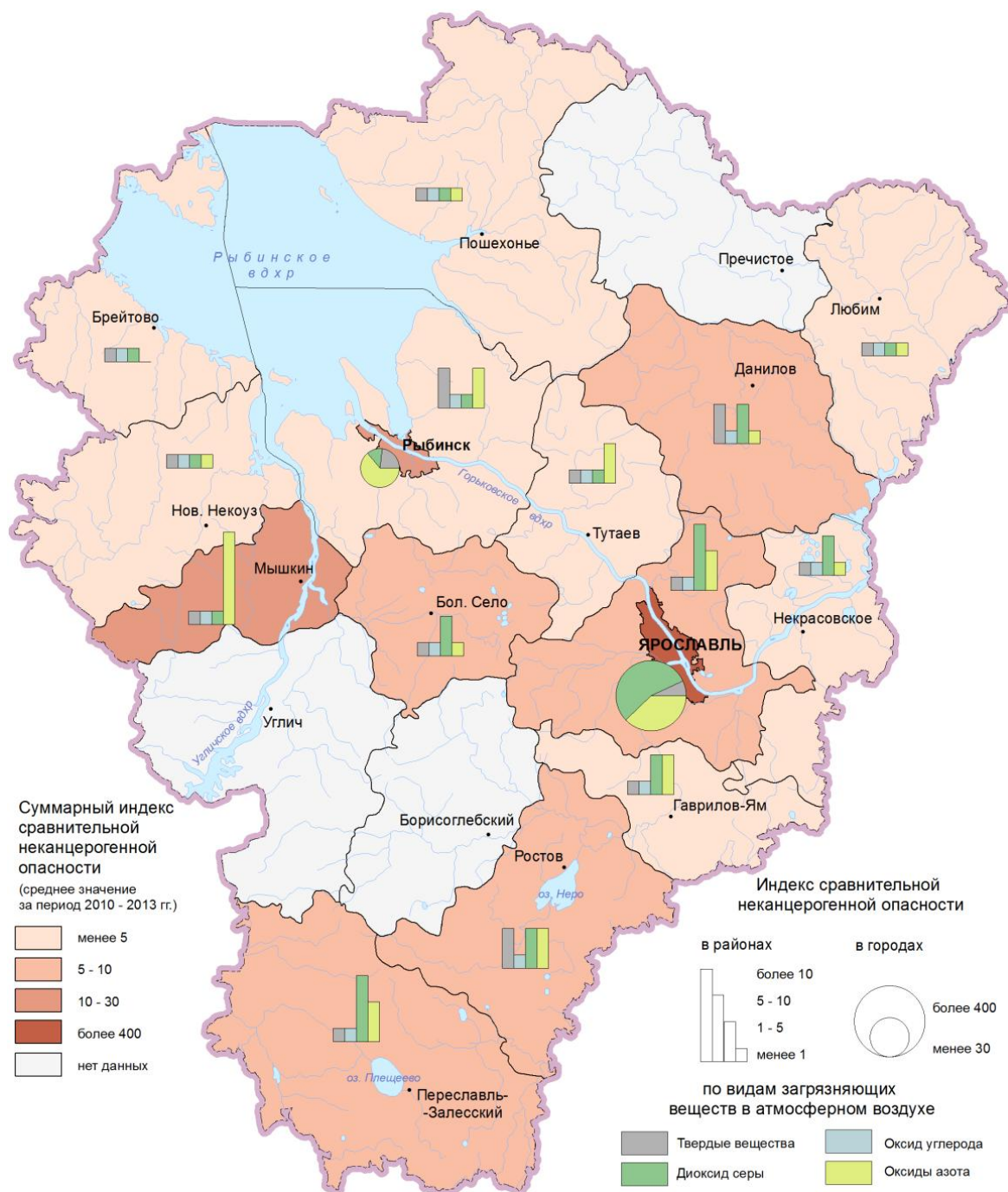


Рисунок 32 – Характеристика муниципальных районов Ярославской области по уровням сравнительной неканцерогенной опасности

Примечание: Рассматриваемые загрязняющие вещества являются основными контролируемыми загрязнителями, сведения об объемах выбросов основаны на официальных статистических данных, методология оценки приоритетности, рассмотренная в данной диссертационной работе, в выборе контролируемых веществ не применялась

Подходы к выбору индикаторной патологии, экологически значимых заболеваний, как универсального индикатора состояния окружающей среды, также должны быть основаны на критериях зависимости «доза-ответ». Оценка

зависимости «доза–ответ» предполагает обобщение и анализ имеющихся данных о гигиенических нормативах, безопасных уровнях воздействия (референтных концентрациях), критических органах/системах и вредных эффектах, а также оценку применимости этих данных для решения задач, поставленных в процедуре оценки риска здоровью населения. Глоссарий U.S. EPA по оценке риска определяет термин зависимость «доза–ответ» как «связь между дозой и относительным количеством (в процентах) индивидуумов с количественно определенной выраженностью определенного эффекта к группе индивидуумов.

Важно отметить, что адекватно выбранные оценочные критерии и степень разработанности показателей токсикологических характеристик имеют первостепенное значение в точности и научной обоснованности всей работы либо ее отдельных частей. Поэтому следует еще раз остановиться на основных критериях оценок приоритетности и дозо-зависимых характеристик. Как было показано на предыдущих этапах диссертационного исследования, в качестве характеристик зависимости «доза–ответ» в оценке канцерогенной опасности и канцерогенного риска, целесообразно использовать следующие показатели: величина наклона зависимости (или фактор канцерогенного потенциала), отражающая возрастание вероятности развития вредной реакции при увеличении дозы (концентрации) на 1 мг/кг или 1 мг/м³; уровень воздействия, связанный с определенной вероятностью эффекта (показатели этой группы применяются для установления реперных концентраций при ингаляционном поступлении загрязнителя). Для оценки неканцерогенной опасности использовались, и в дальнейшем будут применяться для характеристики риска развития неканцерогенных эффектов: максимальная недействующая концентрация, вызывающая пороговый эффект (для неканцерогенов и канцерогенов, обладающих негенотоксическим механизмом действия). Эти показатели являются основой для установления уровней минимального риска – концентраций (RfC) химических веществ. Их применение характеризует правдоподобие отсутствия вредных реакций у населения, включая чувствительные группы. Превышение

референтной концентрации не обязательно связано с развитием вредного эффекта: чем выше воздействующая концентрация и чем больше она превосходит референтную, тем выше вероятность появления неблагоприятных эффектов. Однако оценить эту вероятность при данном методическом подходе невозможно. В связи с этим итоговыми характеристиками оценки экспозиции на основе референтных концентраций являются коэффициенты и индексы опасности (HQ, HI).

Следует подчеркнуть, что часто из-за пробелов в обосновании гигиенических нормативов или отсутствия гармонизированных международных норм в российских условиях, в первую очередь референтных концентраций, в качестве ее эквивалента могут быть использованы предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ), установленные по прямым эффектам на здоровье: по резорбтивным и рефлекторно-резорбтивным эффектам. Что ведет к неопределенностям в результатах оценки риска и в первую очередь риска отдаленных последствий, что приведет к снижению точности прогнозных оценок.

Для оценки канцерогенного риска воздействия канцерогенного загрязнителя с беспороговым механизмом действия использован фактор канцерогенного потенциала (CPF) или фактор наклона (SF), характеризующий степень нарастания канцерогенного риска с увеличением воздействующей дозы на одну единицу. Фактор наклона отражает верхнюю, консервативную оценку канцерогенного риска за ожидаемую продолжительность жизни человека (70 лет). Значения SF устанавливаются отдельно для ингаляционного (SF_i) и перорального (SF_o) поступления химических канцерогенов. Факторы канцерогенного потенциала с классами канцерогенности по классификациям U.S. EPA и МАИР, приняты согласно Руководства Р 2.1.10.1920-04. В качестве фактора наклона используется верхний 95% доверительный предел наклона линейного участка кривой доза-ответ. Фактор наклона выражается как $(\text{мг/кг/день})^{-1}$ и является мерой риска от единичной дозы канцерогена.

При проведении данного диссертационного исследования отобраны адекватные изучаемой ситуации показатели опасности химических канцерогенов и веществ с неканцерогенным действием для оценки риска здоровью населения в рецепторных точках.

* * *

Таким образом, в ходе выполненных исследований на этапе идентификации опасности и краткой характеристики зависимости «доза-ответ» было проанализировано 271 химических токсикантов загрязняющих атмосферный воздух в Ярославской области. Оценка выбросов по классам опасности показала, что рассматриваемые загрязняющие вещества представлены всеми классами опасности, однако, если упустить не классифицируемые загрязнители, то основная часть веществ приходится на 2, 3 классы опасности (18 % и 26 % соответственно). Наиболее опасная группа загрязнителей 1 класса опасности является незначительной (8 %), но имеет большое значение для определения общей токсической характеристики Ярославской области. Следует отметить, что загрязнители 1 класса опасности попали в список приоритетных загрязнителей и нуждаются в обязательном контроле и мониторинге загрязняющих атмосферный воздух веществ.

Необходимо обратить внимание на то, что попытка найти приоритетные вещества с помощью двух подходов: (а) с помощью условной экспозиции (по тоннажу выбросов) и (б) по показателям канцерогенной и неканцерогенной опасностям, учитывающие весовые коэффициенты, определенные токсикологические параметры, привели к достаточной коллизии результатов исследований и показали не состоятельность первого подхода, результаты которого не согласуются с современными требованиями рискологической концепции оценки и не отражают истинной картины тех отрицательных эффектов, которые могут иметь место при воздействии тех или иных веществ на население. С помощью метода ранжирования выбросов по степени опасности неканцерогенных эффектов приоритетными химическими токсикантами являются

20 загрязнителей с неканцерогенной активностью и 11 токсикантов, обладающих канцерогенным эффектом. Путем дальнейшего определения основных вкладчиков из полученных перечней, для дальнейшей оценки риска и обоснования индикаторных экологически обусловленных заболеваний для геоэкологического и медико-географического анализа, было отобрано 10 токсикантов-неканцерогенов и 8 химических канцерогенов с наибольшим вкладом в ранговые показатели.

Максимальный вклад в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности вносят сера диоксид, вклад которой составляет 37 %, ванадия пятиокись с вкладом – 34 %, азота диоксид – 7,4 %. Существенный вклад в суммарный индекс канцерогенной опасности вносят бензол – 44,4 %; сажа – 15,5 % и 1,3-бутадиен – 12,1 %.

К канцерогенам с установленными канцерогенными эффектами (группа 1 по МАИР) относятся: бензол, сажа, хром (VI) оксид, пыль асбестосодержащая (по асбестам); к вероятным химическим канцерогенам для человека (группа 2А по МАИР) относится: 1,3-бутадиен, формальдегид, а также бенз/а/пирен, по которому было принято решение включить в список приоритетных загрязнителей в первую очередь за счет его высокого фонового уровня, однако в выбросах предприятий его содержание пренебрежимо мало, а его вклад в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности составляет все лишь 0,04 %; к возможным канцерогенным токсикантам для человека (группа 2В по МАИР) относят: бензин нефтяной, акрилонитрил, гидразин гидрат, ацетальдегид, 1,2-дихлорэтан.

Анализ зависимости «доза-ответ» показывает наличие широкого спектра различных токсических воздействий в отношении органов и систем. При воздействии исследуемых химических токсикантов-неканцерогенов могут наблюдаться токсические эффекты в отношении 15 органов-мишеней, однако к приоритетному токсическому воздействию следует отнести пульмонотоксическое, а органами-мишенями – органы дыхания и видимые слизистые оболочки, проявляясь при этом в виде широкого спектра

биологических эффектов – от увеличения частоты кашля и других симптомов со стороны верхних и нижних дыхательных путей до грубых органических изменений со стороны органов дыхания. Также имеется вероятность развития гемотоксических эффектов рассматриваемых токсикантов за счет первичного и вторичного воздействия на пигмент крови. Во всех случаях речь идет о вмешательстве в обмен порфиринов за счет инактивации гемоглобина и превращения его в патологический дериват, тем самым лишая кровь дыхательной функции, а именно блокируется возможность обратимо присоединять кислород и транспортировать его к тканям. Также токсические эффекты могут наблюдаться в отношении крови, центральной нервной системы, гепатобиллиарной системы, иммунной системы, сердечно-сосудистой системы, зубов, красного костного мозга, влияет на репродуктивную систему, общее развитие, почки, глаза, нервную систему, оказывают системное действие и имеется вероятность увеличения смертности. Оценка зависимости «доза-ответ» показала характеристику токсикологической информации с установлением связи между воздействующей концентрацией химического вещества и случаями негативных эффектов в экспонируемой популяции.

4.2. Экспозиционная нагрузка и эколого-географические условия формирования экспозиции приоритетных загрязняющих веществ Ярославской области

Характеристика экспозиционных нагрузок подразумевает определение дозовой нагрузки и вероятности развития отрицательных эффектов на население, особенно на его чувствительные группы, при воздействии химических токсикантов загрязняющих атмосферный воздух. Мониторинг экспозиционных нагрузок и показателей рисков является одним из эффективных способов наблюдения и контроля за качеством окружающей среды.

Результаты идентификации опасности, полученные на предыдущих этапах диссертационного исследования, при оценке экспозиции проходят окончательное уточнение, так как источники выбросов вредных веществ в атмосферный воздух

имеют индивидуальные особенности, могут иметь разную высоту, температуру газо-воздушной смеси, тип выброса, что оказывает значительное влияние на формирование уровней загрязнения в приземном слое атмосферы. Поэтому список приоритетных веществ уточняется после предварительных расчетов прогнозируемых уровней загрязнения с помощью математического моделирования рассеивания компонентов выбросов.

Для установления связи между источниками выброса загрязнителей, их географическим расположением, способами попадания химических веществ в окружающую среду и географическим расположением различных популяций населения выполнен первоначальный выбор путей экспозиции химических токсикантов (таблица 29).

Таблица 29 – Первоначальный выбор путей экспозиции

Сценарий экспозиции	Первично загрязняемая среда	Воздействующая среда	Конкретный источник загрязнения	Рецепторная точка	Путь экспозиции	Тип анализа риска	Обоснование включения или исключения рассматриваемого пути экспозиции
Селитебная зона	Атмосферный воздух	Воздушная среда	Дымовые трубы, воздушка, венттрубы, неорганизованные выбросы, автотранспорт	Жилая зона	Ингаляционный	Аэрогенный	Высокая вероятность экспозиции пульмонотоксикантами

Значимость ингаляционного поступления рассматриваемых загрязнителей определяется физическими, химическими и токсикологическими свойствами веществ, метеорологическими данными, а также морфо-функциональной особенностью органов воздействия экспонируемого населения. В соответствии с задачами настоящего диссертационного исследования в качестве сценария экспозиции принят стандартный сценарий для селитебной зоны – рассматривается поступление вредных веществ ингаляционным путём с вдыхаемым воздухом.

Окончательный сценарий воздействия для анализируемой территории выглядит следующим образом (таблица 30).

Таблица 30 – Сценарий воздействия для анализируемой территории

Среда	Путь поступления токсикантов		
	ингаляция	перорально	накожно
Атмосферный воздух	+	–	–

Примечание: Выбранный путь поступления вещества из данной среды, включенный в расчет концентраций и рисков обозначен «+», исключенный путь поступления обозначается «–»

Таким образом, органами воздействия исследуемых факторов являются органы дыхания: обладая огромной площадью поверхности, они находятся в состоянии постоянного воздействия химических токсикантов, содержащихся во вдыхаемом воздухе. При малой концентрации веществ, внешне, субъективно, негативные воздействия никак не проявляют себя, однако хроническая экспозиция даже при малом воздействии может вызывать функциональные нарушения, проявляясь в будущем в виде того или иного патологического процесса. При высоких уровнях воздействия формируется явный токсический процесс, тяжесть которого колеблется в широких пределах – от незначительных явлений раздражения (транзиторная токсическая реакция) до тяжелейших расстройств со стороны многих органов и систем. Маршрут воздействия, описывающий движение химического вещества от источника его поступления до подвергающегося воздействию населения, является обязательной частью сценария экспозиции.

На этапе оценки воздействующих концентраций выполнялись специальные расчеты рассеивания загрязняющих веществ и реальных метеорологических характеристик с целью географического определения среднегодовых концентраций химических токсикантов. Математическое моделирование рассеивания загрязнителей выполнялось с учетом специализированных метеорологических параметров и коэффициентов, которые влияют на процессы рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха. В первую очередь учитывалось влияние рельефа исследуемой территории в

направлении жилой зоны на величину максимально-разовых приземных концентраций приоритетных химических токсикантов, для этой цели использовался безразмерный коэффициент f , который для Ярославской области составил – 1,0.

Условия рассеивающей способности атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, при которых наблюдаются максимальные значения концентраций загрязнителей, принимались по коэффициенту, зависящему от температурной стратификации атмосферы (A). Для расчета рассеивания в данной работе был принят коэффициент A , в соответствии с рекомендациями ОНД-86 он составил 160 (Европейская территория РФ и Урала севернее 52° с.ш., исключая центр ЕТ). Скорость ветра, повторяемость превышения которой составляет 5 % (U), имела разные значения в различных районах исследования и находилась в пределах от 5 до 8 м/сек.

На характер распространения загрязняющих веществ в атмосфере особую роль играет среднегодовая повторяемость направления ветров. В данных расчетах была проанализирована среднемноголетняя повторяемость ветра, усредненная по Ярославской области. Для Ярославской области характерны ветра южных, западных и юго-западных направлений (рисунок 33).

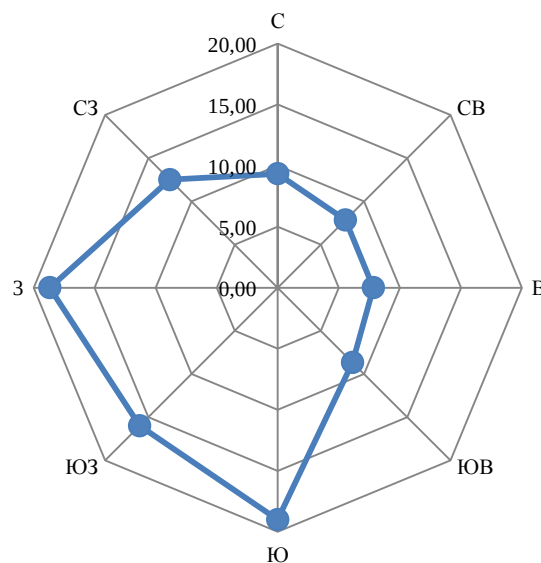


Рисунок 33 – Среднегодовая повторяемость ветра (P, %) на территории Ярославской области

На этапе математического моделирования, используя программный комплекс УПРЗА «Эколог» версия 3.0, осуществлялся автоматический перебор направлений ветра (от 0,5 м/с до U^*) с шагом 1 градус. Расчеты рассеивания выполнялись в городской системе координат по нерегулярной сетке с различным шагом, размер которой определялся санитарно-промышленной особенностью исследуемой территории и находился в пределах от 50 до 300 м. Для оценки экспозиционной нагрузки приняты летние условия работы промышленных предприятий как наиболее неблагоприятные для условий рассеивания загрязнителей, также учитывалась нестационарность выбросов источников загрязнения атмосферы во времени. При нормировании выбросов загрязняющих веществ в атмосферу необходим учет фоновое загрязнение атмосферного воздуха, т.е. загрязнения, создаваемого выбросами источников, не относящихся к исследуемым промышленным предприятиям. Такой учет обязателен для всех предприятий и всех загрязняющих веществ, для которых выполняется условие:

$$C_{\max} > 0,1 \text{ ПДК, где}$$

$C_{\max}$ (в долях ПДК) – величина наибольшей приземной концентрации i -го загрязнителя, создаваемая (без учета фона) выбросами рассматриваемого предприятия в зоне влияния выбросов предприятия на границе ближайшей жилой застройки. Если для какого-либо вещества, выбрасываемого предприятием, $C_{\max} < 0,1 \text{ ПДК}$, то при нормировании выбросов такого вещества предприятием учет фоновое загрязнение воздуха не требуется.

В ряде случаев, при отсутствии постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, величины фоновых концентраций загрязняющих веществ принимались в соответствии с данными рекомендованными Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды для населенного пункта с численностью населения менее 10 тысяч человек. При наличии информации о постах наблюдений и контролируемых веществах, данные учитывались на этапе идентификации опасности для оценки приоритетности. Следует отметить, что в настоящем исследовании в качестве приоритетов

воздействия принято хроническое воздействие, которое позволяет оценить возможные отдаленные негативные эффекты. В связи с тем, что фоновые значения химических загрязнителей в основном были представлены ПДКм/р, включение фоновых загрязнителей в дальнейшие расчеты среднегодовых концентраций нецелесообразны. Данный факт является общероссийской проблемой, т.к. в большинстве случаев, как показывает наш опыт работ по оценке риска в других регионах, официально выданная информация о фоновых концентрациях содержит данные только о максимально разовых концентрациях.

Рецепторные точки были приняты на границах жилых зон расположенных в непосредственной близости к исследуемым предприятиям.

Оценка экспозиционных нагрузок по неканцерогенам выполнена по среднегодовым концентрациям ($C_{сг}$, мг/м^3) приоритетных загрязнителей от совокупности выбросов исследуемых промышленных предприятий. По данным среднегодовой экспозиции загрязнителей, выявлен ряд веществ, для которых определяются максимальные значения концентраций (сера диоксид, азота диоксид, пыль неорганическая: SiO_2 70–20 %, азота оксид). Первостепенное значение в формировании среднегодовой экспозиции в рецепторных точках имеют:

- сера диоксид, значение $C_{сг}$ составляет $0,000302 \pm 0,000031 \text{ мг/м}^3$, величина $C_{сг}$ на уровне 75 % процентиля составляет $0,0005 \text{ мг/м}^3$ со стандартным отклонением – $0,00034 \text{ мг/м}^3$;

- азота диоксид со значением $C_{сг}$ – $0,000077 \pm 0,000005 \text{ мг/м}^3$, величина $C_{сг}$ на уровне 75 % процентиля – $0,0001 \text{ мг/м}^3$ со стандартным отклонением – $0,000057 \text{ мг/м}^3$;

- пыль неорганическая в составе которой содержание SiO_2 составляет 70–20 %, средняя $C_{сг}$ пыли составляет $0,000061 \pm 0,000016 \text{ мг/м}^3$, величина $C_{сг}$ на уровне 75 % процентиля – $0,000009 \text{ мг/м}^3$ со стандартным отклонением – $0,000180 \text{ мг/м}^3$.

На четвертом месте в формировании экспозиционной нагрузки стоит азота

оксид, средняя величина $C_{сг}$ равна $0,000011 \pm 0,000001$ мг/м³, величина $C_{сг}$ на уровне 75 % процентиля составляет $0,000015$ мг/м³, стандартное отклонение – $0,000009$ мг/м³ (рисунок 34). По остальным химическим токсикантам (ванадия пятиокись, серная кислота, диметиламин, акролеин, пыль металлическая, марганец и его соединения) среднегодовые концентрации достаточно низкие и находятся в пределах от 3×10^{-6} (по диметиламину) до 9×10^{-8} (по серной кислоте).

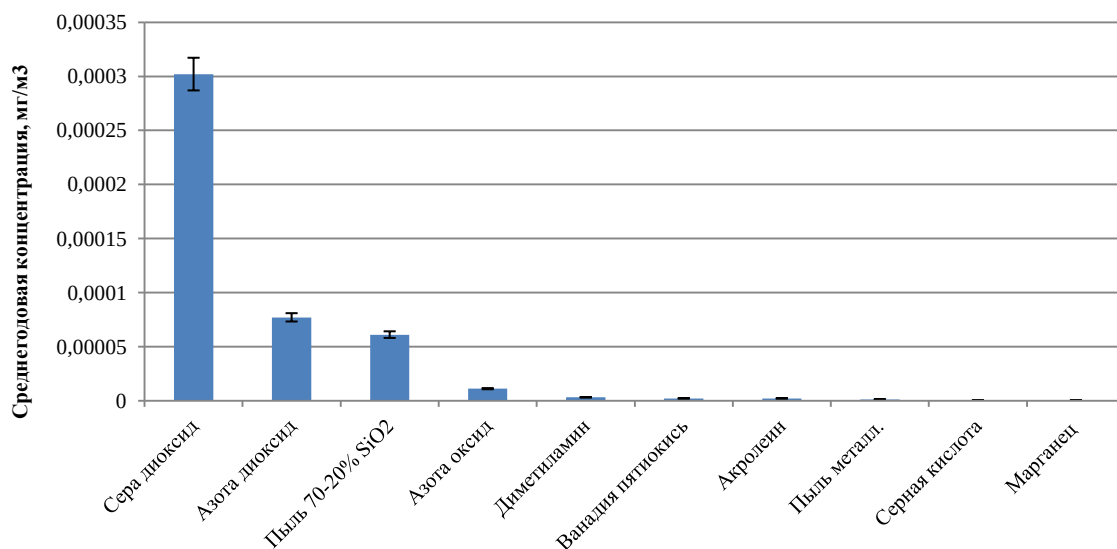


Рисунок 34 – Распределение среднегодовых концентраций приоритетных загрязняющих веществ с неканцерогенными свойствами

Несмотря на малые концентрации неканцерогенов, с точки зрения формирования уровней неканцерогенного риска, необходимо обращать пристальное внимание на результаты расчетов экспозиции, так как кажущаяся на первый взгляд безопасность выбросов может иметь проблемные рисковые нагрузки на территориях расположенных на значительных расстояниях от источников выбросов.

Таблица 31 – Усредненные значения среднегодовых концентраций приоритетных веществ с неканцерогенным действием

Наименование загрязнителя	RfC, мг/м ³	C _{сг} , мг/м ³	Доверительный интервал		Процентиль	
			– 95 %	+ 95%	25 %	75 %
Сера диоксид	0,05	0,000302	0,000241	0,000364	0,000041	0,000500
Ванадия пятиокись	0,00007	0,000002	0,000001	0,000002	<10 ⁻⁷	0,000003
Азота диоксид	0,04	0,000077	0,000067	0,000088	0,000035	0,000100
Серная кислота	0,001	<10 ⁻⁷	<10 ⁻⁷	<10 ⁻⁷	<10 ⁻⁷	<10 ⁻⁷

Наименование загрязнителя	RfC, мг/м ³	Cсг, мг/м ³	Доверительный интервал		Процентиль	
Азота оксид	0,06	0,000011	0,000009	0,000012	0,000005	0,000015
Диметиламин	0,00002	0,000003	0,000002	0,000004	<10 ⁻⁷	0,000005
Акролеин	0,00002	0,000002	0,000002	0,000002	0,000001	0,000003
Пыль металлическая	0,0001	0,000001	0,000001	0,000001	<10 ⁻⁷	0,000001
Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	0,1	0,000061	0,000029	0,000093	<10 ⁻⁷	0,000009
Марганец и его соединения	0,00005	<10 ⁻⁷	<10 ⁻⁷	<10 ⁻⁷	<10 ⁻⁷	<10 ⁻⁷

В соответствии с полученными данными, среднегодовые концентрации по всему приоритетному ряду химических токсикантов, включая верхние границы показателей разброса, не превышают референтные значения при хроническом воздействии загрязнителей. Медиана экспозиционной нагрузки по всем рассматриваемым приоритетным неканцерогенным загрязнителям составляет 0,0000025 мг/м³.

Что касается расчетов экспозиции канцерогенных химических токсикантов, то в качестве количественной меры экспозиции использовались средние суточные дозы, усредненные с учетом ожидаемой средней продолжительности жизни человека (по ВОЗ – 70 лет), расчетные значения средних суточных доз ((мг/(кг×день))⁻¹) с показателями разброса значений по приоритетным канцерогенам представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Средние суточные дозы приоритетных канцерогенов

Наименование загрязнителя	RfC, мг/м ³	Средняя суточная доза	Доверительный интервал		Процентиль	
			– 95 %	+ 95 %	25 %	75 %
Бензол	0,03	0,00301	0,00225	0,003778	0,0000007	0,003808
Углерод черный (сажа)	0,05	0,00194	0,00177	0,002127	0,001398	0,002493
1,3-Бутадиен	0,002	0,000005	0,000004	0,000007	0,0000006	0,000005
Бенз/а/пирен	1×10 ⁻⁶	<10 ⁻⁹	3×10 ⁻⁹	5×10 ⁻⁹	1×10 ⁻⁹	4×10 ⁻⁹
Хрома(VI)оксид	0,0001	0,000006	0,000006	0,000007	0,000005	0,000008
Пыль асбесто-содержащая	0,06 ПДКсс	0,000013	0,000011	0,0000165	0,00000055	0,00002
Бензин нефтяной	0,071	0,00367	0,003237	0,004106	0,001726	0,005265
Акрилонитрил	0,002	2×10 ⁻⁸	2×10 ⁻⁸	3×10 ⁻⁸	1×10 ⁻⁸	23×10 ⁻⁸
Гидразин гидрат	0,0002	0,0000002	0,0000001	0,0000002	0,0000001	0,0000002

Результаты расчета экспозиции приоритетных канцерогенов показывают, что средние суточные дозы данных загрязнителей, а также значения доз на уровне верхних границ показателей разброса не выходят за пределы референтных уровней. В целом, расчетные дозы канцерогенов находятся в пределах от $0,00367$ до 10^{-9} ($\text{мг}/(\text{кг}\times\text{день}))^{-1}$ (таблица 32).

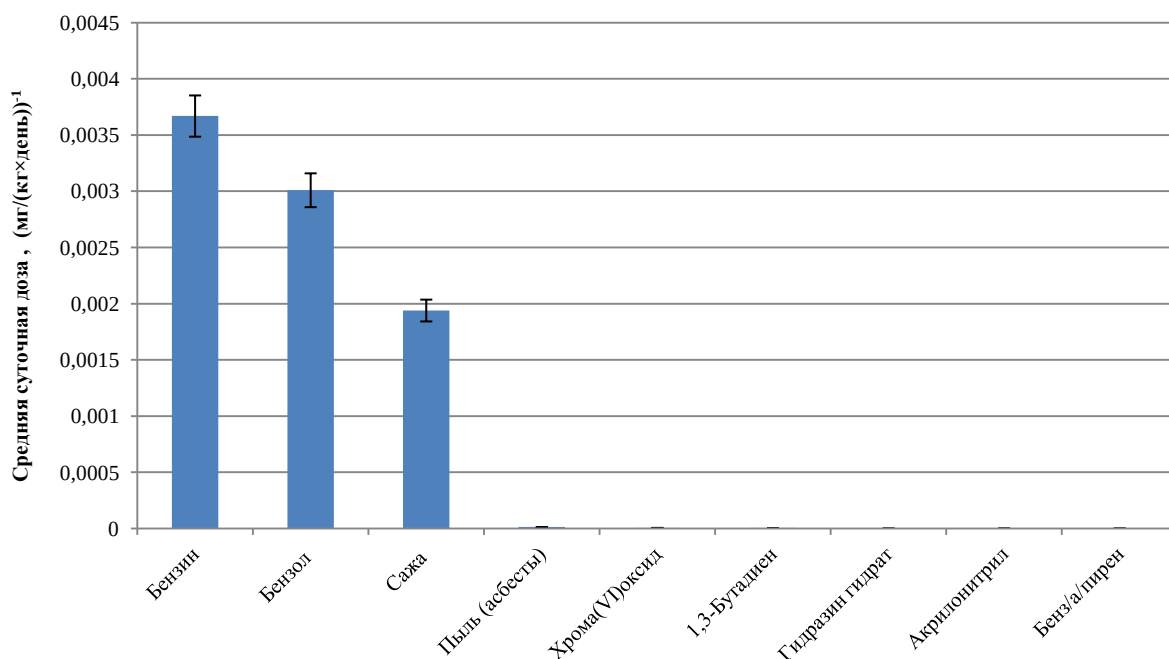


Рисунок 35 – Распределение средних суточных доз приоритетных канцерогенов

Особая значимость в формировании экспозиционной нагрузки рассматриваемых канцерогенов принадлежит трем канцерогенам: бензину нефтяному, бензолу, а также углероду черному (саже), имеющих максимальные значения средней суточной дозы (рисунок 35). На первом месте в данном списке загрязнителей стоит бензин нефтяной средняя доза которого составляет $0,00367\pm 0,00022$ ($\text{мг}/(\text{кг}\times\text{день}))^{-1}$, средняя доза на уровне 75 % процентиля – $0,0053$ ($\text{мг}/(\text{кг}\times\text{день}))^{-1}$ со стандартным отклонением – $0,003$ ($\text{мг}/(\text{кг}\times\text{день}))^{-1}$. Второе место принадлежит бензолу, средняя доза в рецепторах находится на уровне $0,00301\pm 0,0004$ ($\text{мг}/(\text{кг}\times\text{день}))^{-1}$, 75 % процентиль дозы составляет $0,004$ ($\text{мг}/(\text{кг}\times\text{день}))^{-1}$, стандартное отклонение – $0,005$ ($\text{мг}/(\text{кг}\times\text{день}))^{-1}$. Третье место принадлежит углероду черному (саже), его средняя доза составляет $0,00194\pm 0,00009$ ($\text{мг}/(\text{кг}\times\text{день}))^{-1}$, доза на уровне 75 % процентиля –

$0,0025 \text{ (мг/(кг}\times\text{день))}^{-1}$ со стандартным отклонением – $0,001 \text{ (мг/(кг}\times\text{день))}^{-1}$. По остальным канцерогенам средние суточные дозы находятся в пределах $0,000013$ (по пыли асбестосодержащей) – 1×10^{-9} (по бенз/а/пирену). Медиана экспозиционной нагрузки по всем рассматриваемым приоритетным канцерогенам составляет $0,000006 \text{ мг/м}^3 \text{ (мг/(кг}\times\text{день))}^{-1}$.

* * *

Таким образом, оценка экспозиции по рассматриваемым канцерогенам и веществам, не обладающим канцерогенными эффектами показала, что основной путь исследуемых загрязнителей в организм экспонируемого населения ингаляционный. Анализ оценки среднегодовой экспозиции показал значимые неканцерогены с максимальными значениями концентраций, формирующими неканцерогенную экспозиционную нагрузку (сера диоксид, азота диоксид, пыль неорганическая: SiO_2 70–20 %, азота оксид). Основными загрязнителями-канцерогенами имеющими особое значение в формировании канцерогенной экспозиционной нагрузки, по максимальным значениям средней суточной дозы, являются бензин нефтяной, бензол, а также углерод черный (сажа).

Несмотря на малые концентрации неканцерогенов, с точки зрения формирования уровней неканцерогенного риска, необходимо обращать пристальное внимание на результаты расчетов экспозиции, так как кажущаяся на первый взгляд безопасность выбросов может иметь в результате проблемные рисковые нагрузки на территориях расположенных на значительных расстояниях от источников выбросов.

В целом, среднегодовые концентрации неканцерогенов и средние суточные дозы канцерогенных загрязнителей от стационарных источников и в ряде случаев от автотранспорта, не превышают RfC хронического токсического воздействия, однако приемлемость экспозиции не является критерием исключения загрязнителей из списка приоритетных веществ, напротив такая ситуация требует контроля за поведением выбросов и их динамикой, в тем более, что загрязнитель попал в список приоритетности на этапе идентификации опасности. Учет

загрязняющих веществ с приемлемыми значениями концентраций могут создавать проблемные рисковые нагрузки за счет возможного комбинированного токсического действия, а также взаимодействия с другими химическими токсикантами.

4.3. Характеристика неканцерогенного и канцерогенного рисков здоровью населения

Интеграция полученных результатов исследований направлена на оценку значимости существующих эколого-географических проблем для здоровья населения. Методологически, данный этап позволяет, используя данные экспозиционных нагрузок при воздействии приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха, охарактеризовать вероятность развития канцерогенных и неканцерогенных эффектов для соответствующих органов и систем, что важно для обоснования выбора индикаторных экологически обусловленных заболеваний. Характеристика риска, как заключительный этап оценки риска, также является ключевым в выборе приоритетных экологически обусловленных заболеваний. Определение риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ выполнялось на основании расчетов коэффициентов опасности (HQ) и индексов опасности (HI), характеристика риска развития канцерогенных эффектов проводилась на основании расчетов индивидуального канцерогенного риска (ICR) в соответствии с рекомендациями Руководства Р 2.1.10.1920-04.

Расчеты коэффициентов и индексов опасности выполнялись с учетом направленности токсического действия по критическим органам и системам органов, так как при воздействии компонентов смеси на одни и те же органы и системы организма наиболее вероятным типом их комбинированного действия является аддитивность. Уровни аддитивного риска для критических органов и систем, характеризующие риск комбинированного воздействия приоритетных загрязняющих веществ, представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Характеристика неканцерогенного риска хронического воздействия приоритетных токсикантов

№	CAS	Код	Вещество	RfC ²⁷ , мг/м3	С с.г. ²⁸ , мг/м3	HQ ²⁹	Критический орган
1	7446-09-5	330	Сера диоксид	0,05	0,000302265	0,006	Органы дыхания, смертность
2	1314-62-1	110	Ванадия пятиокись	0,00007	0,000001702	0,024	Органы дыхания
3	10102-44-0	301	Азота диоксид	0,04	0,000077353	0,002	Органы дыхания, кровь (образование MetHb)
4	7664-939	322	Серная кислота	0,001	0,0000001	0,0001	Органы дыхания
5	10102-43-9	304	Азота оксид	0,06	0,000010688	0,0002	Органы дыхания, кровь (образование MetHb)
6	124-40-3	1819	Диметиламин	0,00002	0,000002973	0,149	Органы дыхания, ССС, кровь, ЦНС
7	107-02-8	1301	Акролеин	0,00002	0,000001784	0,089	Органы дыхания, глаза
8	–	2946	Пыль металлическая	0,0001 ПДКсс	0,000000777	0,008	Органы дыхания (вероятно)
9	–	2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	0,1	0,000060885	0,001	Органы дыхания (по взвешенным веществам), системное, смертность
10	7439-96-5	143	Марганец и его соединения	0,00005	0,000000255	0,005	ЦНС, нервная система, органы дыхания, ССС, печень
Суммарный риск (НІ) ³⁰				НІ Органы дыхания			0,284
				НІ Нервная система			0,005
				НІ Центральная нервная система			0,154
				НІ Сердечно-сосудистая система			0,154
				НІ Системное действие			0,001
				НІ Смертность			0,006
				НІ Кровь			0,151
				НІ Печень			0,005
				НІ Глаза			0,089

Примечание: Цветом выделены значимые критические органы

²⁷ RfC – референтная концентрация при хроническом воздействии, мг/м3

²⁸ С с.г. – среднегодовая концентрация, мг/м3

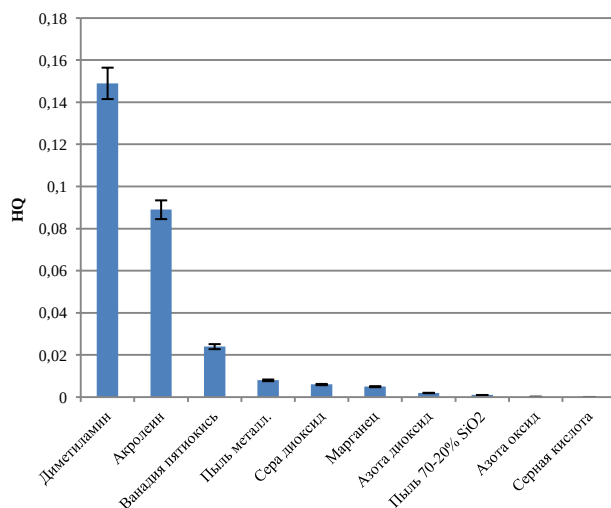
²⁹ HQ – коэффициент опасности, характеризует уровень неканцерогенного риска

³⁰ НИ – индекс опасности, характеризует суммарный уровень неканцерогенного риска с учетом токсической направленности

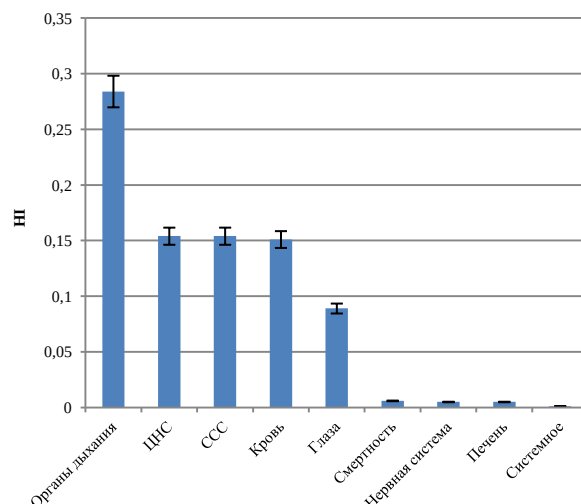
Величина риска развития хронических неканцерогенных эффектов (HQ) по рассматриваемым неканцерогенам составляет не выше 0,149 ед., учитывая направленность токсического действия (по диметиламину). Такая величина коэффициента опасности не превышает приемлемый уровень ($HQ < 1$).

Следует обратить внимание, что ориентация на уровень концентрации загрязняющего вещества, в частности среднегодовую концентрацию, может дать заведомо ложный результат потенциального риска, даже при условии непревышения предельно допустимых значений концентраций, и это не всегда соответствует приоритету загрязняющего вещества по его токсикологическим характеристикам и уровням безопасности, например, уровням неканцерогенного риска. Если посмотреть на результаты исследований приведенных в таблице 33, то, исходя из среднегодовой концентрации, в первую тройку потенциально значимых загрязнителей входят: сера и азот диоксиды и пыль неорганическая 70-20 % SiO_2 . Однако значения коэффициентов опасности этих загрязнителей находятся практически в конце списка гигиенически значимых веществ при данной экспозиции, при этом диметиламин выходит на первое место, при экспозиционном – пятом (рисунок 36 а).

Основными вкладчиками в неканцерогенный риск по коэффициенту опасности, на уровне 98,8 %, являются: диметиламин – 52,4 %, акролеин – 31,3 %, пыль металлическая – 2,8 %, сера диоксид – 2,1 %, а также марганец и его соединения – 1,7 %. Остальные загрязнители имеют вклады менее 1 %.



(а)



(б)

Рисунок 36 – Распределение коэффициента (а) и индекса опасности (б) по приоритетным загрязнителям и критическим органам

Комбинированное воздействие загрязняющих веществ рассматривается с учетом направленности действия по индексу опасности. В данном случае, комбинированное воздействие приоритетных токсикантов по индексам опасности позволили определить критические органы, дальнейшее рассмотрение которых позволит обоснованно подойти к выбору экологически обусловленной заболеваемости населения и выполнить медико-географическую типизацию Ярославской области (рисунок 36 б). Максимальные величины индексов опасности (HI) составили 0,284 ед. по органам дыхания и 0,151 ед. – по центральной нервной, сердечно-сосудистой системам и крови, что в целом, не превышают приемлемые уровни (таблица 33).

Характеристика риска развития канцерогенных эффектов осуществлялась на основании количественной оценки канцерогенного риска с использованием результатов оценки экспозиционной нагрузки канцерогенов и фактора канцерогенного потенциала. В таблице 34 представлены уровни индивидуального канцерогенного риска (ICR) с показателями разброса значений ICR, создаваемого приоритетными химическими канцерогенами Ярославской области.

Таблица 34 – Уровень индивидуального канцерогенного риска создаваемого приоритетными химическими канцерогенами Ярославской области

Наименование загрязнителя	ICR	Доверительный интервал		Процентиль	
		–95 %	+95 %	25 %	75 %
Бензол	0,000081	0,0000606	0,0001020	0,00000002	0,0001028
Углерод черный (сажа)	0,00003	0,0000274	0,0000329	0,0000216	0,0000386
1,3-Бутадиен	0,0000006	0,0000004	0,0000007	0,00000007	0,0000005
Бенз/а/пирен	0,00000002	0,00000001	0,00000002	0,000000002	0,00000002
Хрома(VI)оксид	0,000276	0,0002566	0,0002958	0,0001945	0,000319200
Пыль асбестосодержащая	0,000306	0,0002496	0,0003629	0,000012	0,0004158
Бензин нефтяной	0,000128	0,0001133	0,0001437	0,0000604	0,0001843
Акрилонитрил	0,00000001	0,000000005	0,000000006	0,000000002	0,000000006
Гидразин гидрат	0,000003	0,0000026	0,0000026	0,0000024	0,0000028

В результате оценки индивидуального канцерогенного риска от выбросов рассматриваемого предприятия полученные средние значения ICR находятся в пределах от $3,1 \times 10^{-4} \pm 2,87 \times 10^{-5}$ (по пыли асбестосодержащей) до $1,0 \times 10^{-8}$ (по акрилонитрилу). Значения ICR на уровне 75 % процентиля показывают (таблица 34), что ряд канцерогенов имеют достаточно высокий риск (третий диапазон – более 1×10^{-4} , но менее 1×10^{-3}), характеризующий неприемлемость риска для всего населения и требующий разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий. К таким загрязнителям относятся: пыль асбестосодержащая, 75 % процентиль ICR которой составляет $4,16 \times 10^{-4}$, хрома(VI)оксид – $3,19 \times 10^{-4}$, бензин нефтяной – $1,84 \times 10^{-4}$, бензол – $1,03 \times 10^{-4}$.

Ко второму диапазону риска (более $1,0 \times 10^{-6}$, но менее 1×10^{-4}) относят углерод черный (сажа), 75 % процентиль ICR – $3,86 \times 10^{-5}$ и гидразин гидрат – $2,80 \times 10^{-6}$. Второй диапазон ICR соответствует верхней границе приемлемого риска, установленный большинством зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом. Значение ICR второго диапазона, по рекомендациям Руководства Р 2.1.10.1920-04, подлежат постоянному контролю, а в некоторых случаях необходимо предусматривать дополнительные мероприятия по их снижению.

Остальные химические канцерогены (1,3-Бутадиен, бенз/а/пирен, акрилонитрил) относятся к первому диапазону (ICR в течение жизни равный или меньший 1×10^{-6}) 75 % процентиль ICR которых составляет $5,00 \times 10^{-7}$, $2,00 \times 10^{-8}$,

$6,00 \times 10^{-9}$ соответственно. Такие уровни ICR характеризуются как пренебрежимо малые и подлежат только периодическому контролю и мониторингу.

Медиана индивидуального канцерогенного риска по всем рассматриваемым приоритетным канцерогенам составляет $3,0 \times 10^{-5}$. Суммарный индивидуальный канцерогенный риск равен $8,25 \times 10^{-4}$, что является неприемлемым для всего населения. Согласно Руководства Р 2.1.10.1920-04, данный уровень риска соответствует третьему диапазону (индивидуальный риск в течение всей жизни более 1×10^{-4} , но менее 1×10^{-3}) – приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Распределение значений ICR по приоритетным канцерогенным загрязнителям представлено на рисунке 37.

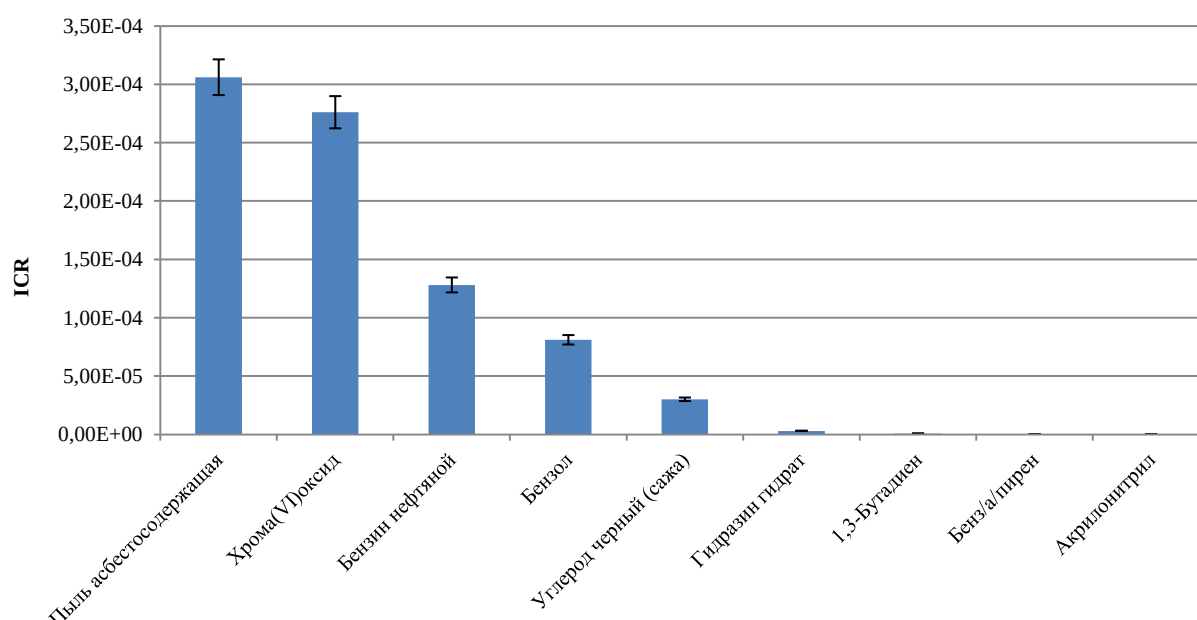


Рисунок 37 – Распределение значений индивидуального канцерогенного риска по приоритетным канцерогенным загрязнителям

Основными вкладчиками в суммарный ICR, на уровне 99,6 %, являются пыль асбестосодержащая (37,11 %), хрома(VI)оксид (33,47 %), бензин нефтяной (15,52 %), бензол (9,82 %), углерод черный (3,64 %). Остальные канцерогены имеют вклады менее 1 %.

Полученные результаты исследований показывают, в какой мере отличаются уровни экспозиции и ICR. На этапе оценки экспозиции канцерогенов значимыми загрязнителями, формирующими экспозиционную нагрузку, являлись

три канцерогена: бензин нефтяной, бензол, а также углерод черный (сажа), которые имели максимальные значения средней суточной дозы. Включение в расчеты дополнительных токсикологических характеристик, таких как показатель вероятности развития рака на уровне 95 % доверительной границы наклона зависимости «доза-ответ» в нижней линейной части кривой, изменили ситуацию канцерогенной значимости загрязнителей. Данные загрязнители сместились, а первые два места заняли канцерогены, которые изначально имели достаточно малые средние суточные дозы (пыль асбестосодержащая, хром(VI)оксид) и в результате показали максимальную токсическую значимость в формировании суммарных канцерогенных рисков.

* * *

Таким образом, результаты оценки неканцерогенного и канцерогенного рисков здоровью населения позволили определить основных вкладчиков в рисковую нагрузку и критические органы, которые в дальнейшей работе позволят определить перечень индикаторных экологически обусловленных заболеваний.

Основными вкладчиками в неканцерогенный риск по коэффициенту опасности (HQ), на уровне 98,8 %, являются: диметиламин – 52,4 % (HQ – 0,149), акролеин – 31,3 % (HQ – 0,089), пыль металлическая – 2,8 % (HQ – 0,008), сера диоксид – 2,1 % (HQ – 0,006), а также марганец и его соединения – 1,7 % (HQ – 0,005). Максимальные величины индексов опасности (HI) составили 0,284 ед. по *органам дыхания* и 0,151 ед. – по *центральной нервной, сердечно-сосудистой системам и крови*, что в целом, не превышают приемлемые уровни. Основными вкладчиками в суммарный индивидуальный канцерогенный риск (ICR), на уровне 99,6 %, являются пыль асбестосодержащая – 37,11 %, хрома(VI)оксид – 33,47 %, бензин нефтяной – 15,52 %, бензол – 9,82 %, углерод черный (сажа) – 3,64 %. Суммарный ICR равен $8,25 \times 10^{-4}$ (третий диапазон), что является неприемлемым для всего населения. Оценка рисков еще раз подтверждает необходимость полного анализа ситуации, включая оценку эколого-географической ситуации, климатических характеристик региона, оценку экспозиции и рисков. Недоучет

того или иного этапа может крайне негативно отразиться на результатах исследований и упустить наиболее значимые факторы.

Результаты выполненных рискологических исследований предоставляют возможность сосредоточить внимание на количественной оценке опасности реальных воздействий экологически опасных объектов на население, как на основной и конечный реципиент. Совершенно очевидна целесообразность и практическая возможность использования подходов расстановки приоритетов по критериям рисков с целью выбора индикаторных показателей необходимых в эколого-географических исследованиях, что особенно актуально на староосвоенных территориях, к которым относится Ярославская область. Проблема оценки адекватности выбора приоритетных химических токсикантов атмосферного воздуха, как это было показано в настоящем диссертационном исследовании, для организации различных природоохранных мероприятий или профилактических мероприятий среди населения, показывает особую актуальность. Важно понять методологические особенности, например, ориентируясь на валовой выброс загрязнителей, как это было принято в прошлые годы, не учитывая токсикологических характеристик хронических воздействий загрязнителей, характеристики технологических процессов и эколого-географических особенностей исследуемой территории, при определении приоритетности, могут не включаться и не учитываться загрязняющие вещества, имеющие малый выброс, но имеющие большой потенциал опасности и риска, тем самым создается ложное восприятие значимости источников загрязнения и ошибочное принятие решений в части реализации природоохранных мероприятий. Рискологический подход показал свою эффективность не только в диагностическом отношении, но и возможности обоснованного переориентирования системы управления качеством окружающей среды в плане целесообразности принятия обоснованных градостроительных решений.

4.4 Географические особенности распределения показателей медико-экологической нагрузки в муниципальных районах Ярославской области

Для оценки приоритетности сигнальных экологически обусловленных заболеваний и их выбора для медико-экологической оценки муниципальных районов Ярославской области были выбраны классы заболеваний с учетом результатов исследований по оценке риска здоровью населения выполненных в рамках данной диссертационной работы. Особое значение при этом имели эколого-географические, метеорологические особенности исследуемой территории, токсикологические характеристики приоритетных веществ, сценарий воздействия на потенциально экспонируемое население, экспозиционная нагрузка канцерогенных и неканцерогенных загрязнителей атмосферного воздуха. Ключевыми критериями выбора заболеваний являлись критические органы и системы («органы-мишени») обоснованные с помощью максимальных величин HQ и HI с учетом направленности токсического действия загрязнителей, а также показатели канцерогенного риска.

Следует отметить, что в настоящее время в Ярославской области, как и во многих других регионах России, не используются результаты анализа заболеваемости в рамках процедуры оценки риска здоровью населения, а именно эти исследования важны при разработке конкретной тактики снижения уровней риска, экологически обусловленной заболеваемости и улучшения качества окружающей среды. Данная проблема еще более актуализируется мировой поддержкой рекомендаций в части оценки вероятности развития дополнительных случаев заболеваний от воздействия средовых факторов, т.е. в первую очередь учитывается долгосрочный прогнозный характер результатов исследований, проработки эффективных стратегий снижения загрязнений окружающей среды, улучшения ее качества. Постепенный переход к «зеленой» экономике еще крепче связывает экономические механизмы совершенствования природоохранной деятельности с геоэкологическими и медико-экологическими критериями, что позволяет значительно расширить взгляды на оценку эффективности природоохранных мероприятий на староосвоенных территориях с точки зрения

улучшения здоровья населения и минимизации рисков.

Результаты диссертационного исследования, в частности оценки неканцерогенных и канцерогенных рисков позволили определиться с основными вкладчиками-загрязнителями атмосферного воздуха, ведущими вкладчиками в уровни риска, а также с критическими органами, что позволило обоснованно подойти к выбору показателей индикаторной заболеваемости необходимой для географического анализа медико-экологической нагрузки на территории Ярославской области.

Основываясь на данные характеристики риска, критическими органами при воздействии химических неканцерогенов являются: органы дыхания, органы сердечно-сосудистой системы, нервной системы и крови. В связи с этим в качестве экологически обусловленных заболеваний у взрослого и детского населения предлагается учитывать первичную заболеваемость органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, нервной системы, крови, а также первичную заболеваемость злокачественными новообразованиями. По мнению Ковальчука В.К., Ивановой И.Л., Колдаева В.М. (2011), первичная заболеваемость (incidence) наилучшим образом показывает риск развития патологии у здоровых людей, с чем следует согласиться. Включение онкологической заболеваемости населения в медико-экологические, геоэкологические и гигиенические оценки связано с тем, что присутствующие в атмосферном воздухе канцерогенные загрязнители обладают крайней токсичностью при их длительном воздействии даже на уровне нормативных величин, в первую очередь за счет их особенностей беспорогового токсического действия.

Для обобщенного анализа картины медико-географической ситуации была рассмотрена общая и первичная заболеваемость взрослого и детского населения. Географические особенности общей и первичной заболеваемости детского и взрослого населения характеризуются территориальной неравномерностью распределения показателей заболеваемости (рисунок 38). Максимальные значения общей заболеваемости среди взрослого населения, по отношению к областному

показателю, наблюдаются в г. Ярославле и Любимском районе, Первомайский район имеет значение максимально приближенное к областной заболеваемости. Общая заболеваемость детского населения имеет наибольшее значение в г. Ярославле, г. Рыбинске и Тутаевском районе, Брейтовский район максимально приближен к областному показателю.

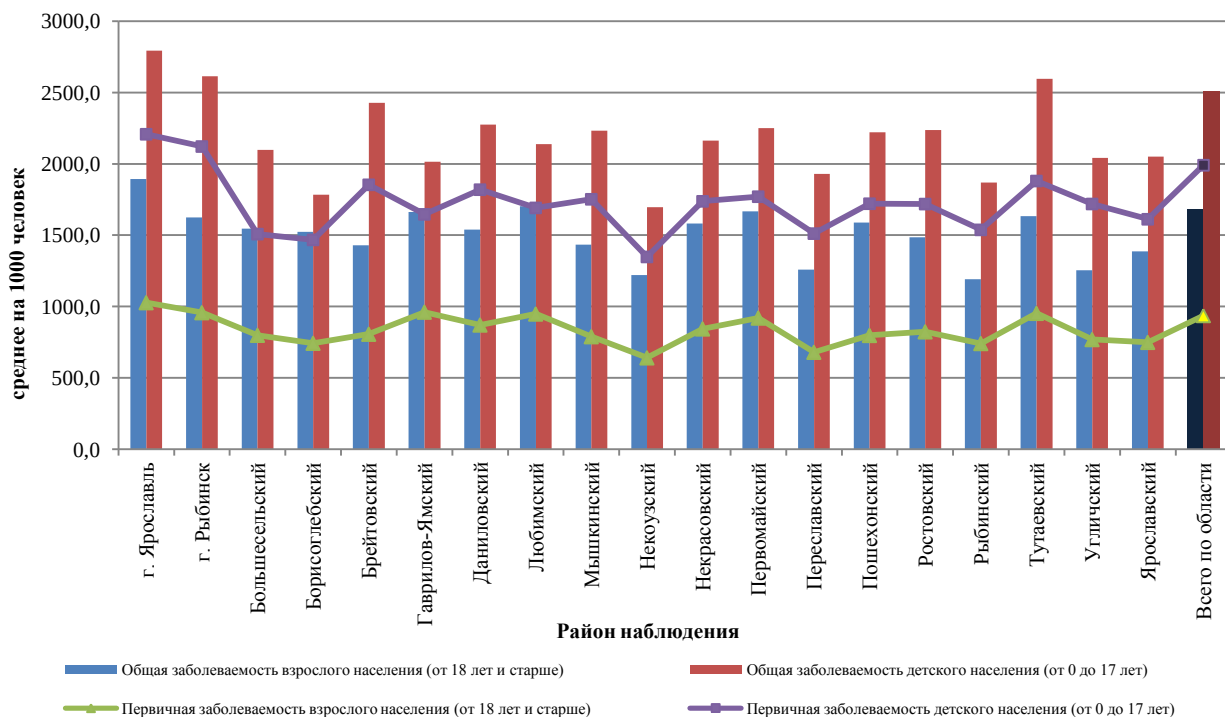


Рисунок 38 – Показатели общей и первичной заболеваемости у взрослого и детского населения в территориальном разрезе (2000-2013 гг.)

Источник: данные МИАЦ ЯО

Общая тенденция общей и первичной заболеваемости среди взрослого и детского населения характеризуется постепенным спадом (рисунок 39).

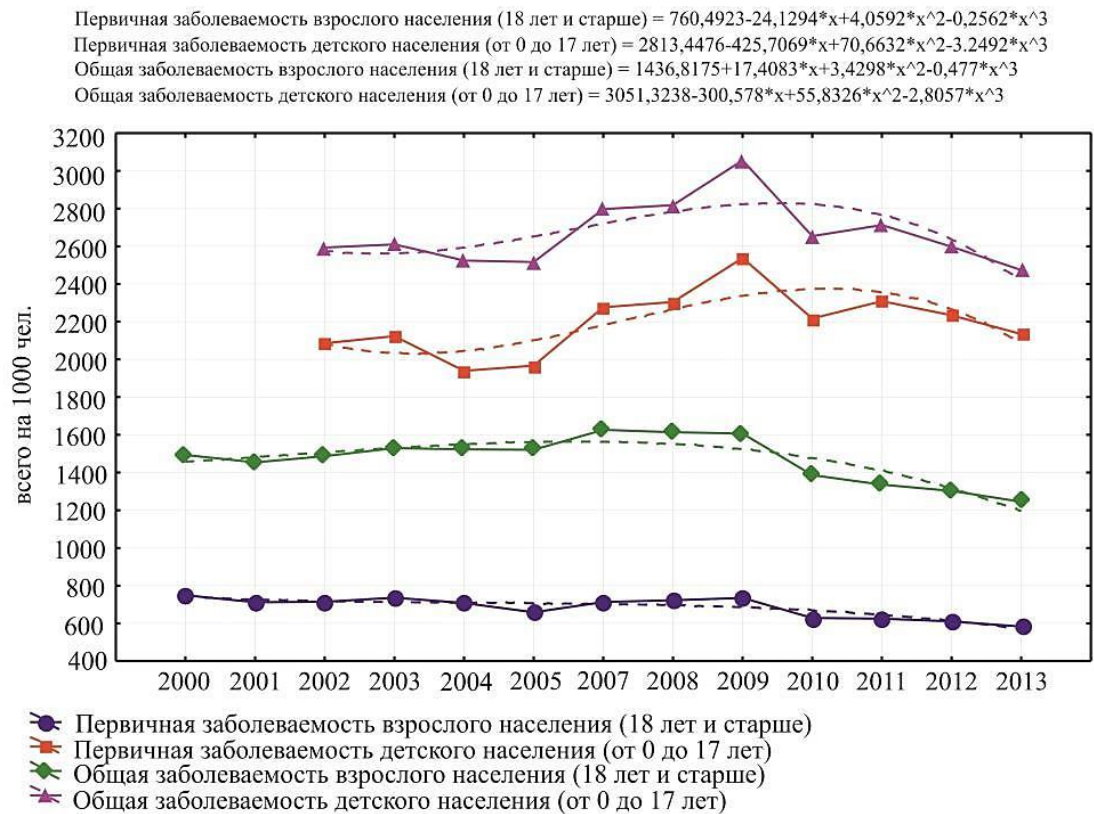
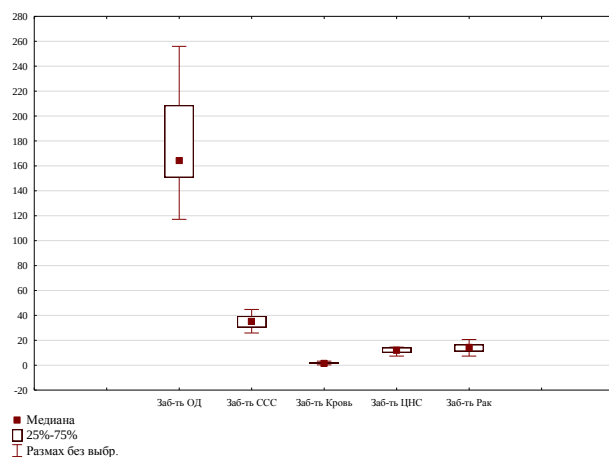


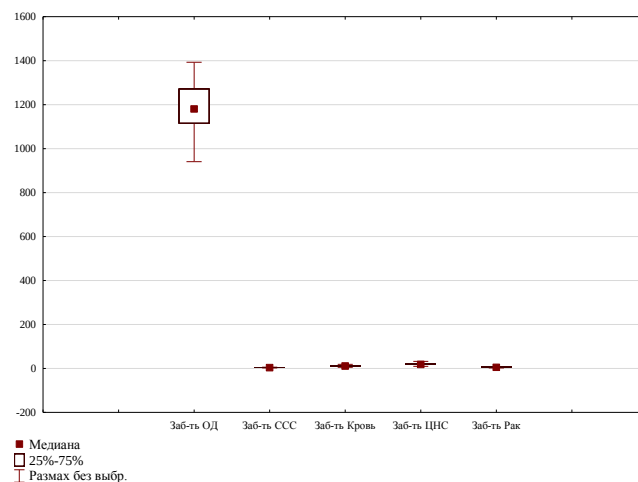
Рисунок 39 – Динамика общей и первичной заболеваемости детского и взрослого населения в период 2002 – 2013 гг.

Источник: данные МИАЦ ЯО

Значения первичной заболеваемости по индикаторным экологически обусловленным болезням среди взрослого населения (рисунок 40 а) и детей в возрасте от 0 до 17 лет (рисунок 40 б) показывают более высокие уровни заболеваемости у детей, по сравнению со взрослым населением, по органам дыхания, крови и патологии центральной нервной системы, медианы и 75 % перцентиль которых составил 1181/1271, 11/12, 19/24 соответственно. У взрослого населения преобладающей патологией является заболеваемость органов дыхания, медиана и 75 % перцентиль составляет – 160/203. Высокие уровни отмечаются среди болезней сердечно-сосудистой системы и злокачественных новообразований, медиана и 75 % перцентиль составляет – 37/40, 14/17.



(а)



(б)

Рисунок 40 – Диаграмма размаха первичной заболеваемости по индикаторной экологически обусловленной патологии у (а) взрослого населения и (б) детей в возрасте от 0 до 17 лет

Примечание: по оси ординат – всего на 1000 человек

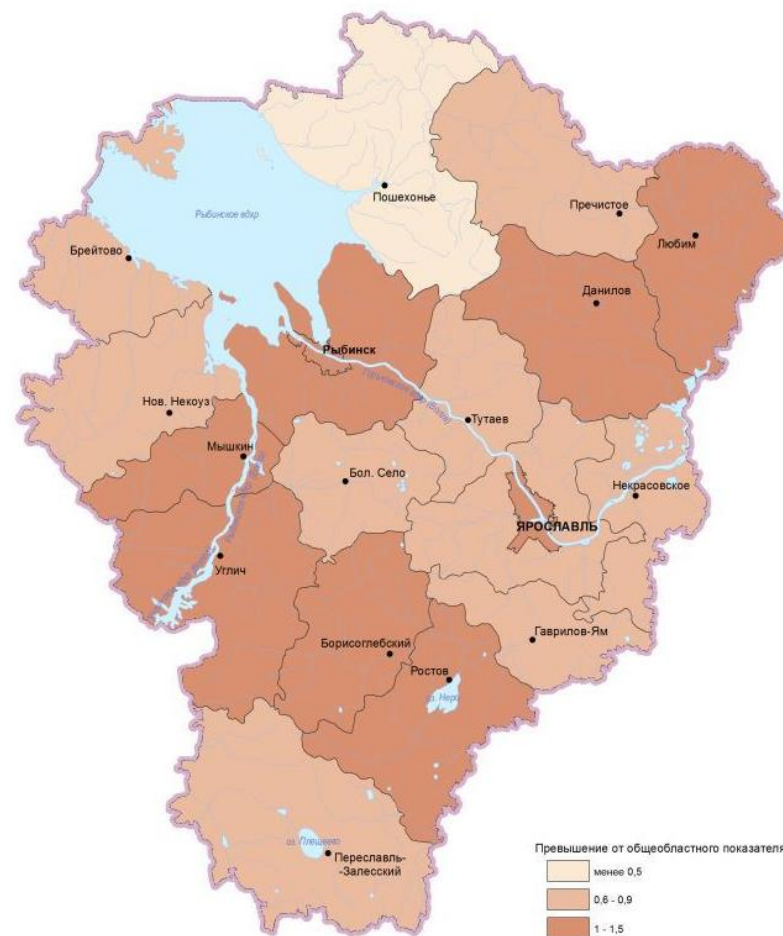
Географическое распределение показателей приоритетной экологически обусловленной первичной заболеваемости взрослого и детского населения Ярославской области на основе оценки риска здоровью населения представлено на рисунках 41–45.



(а)

(б)

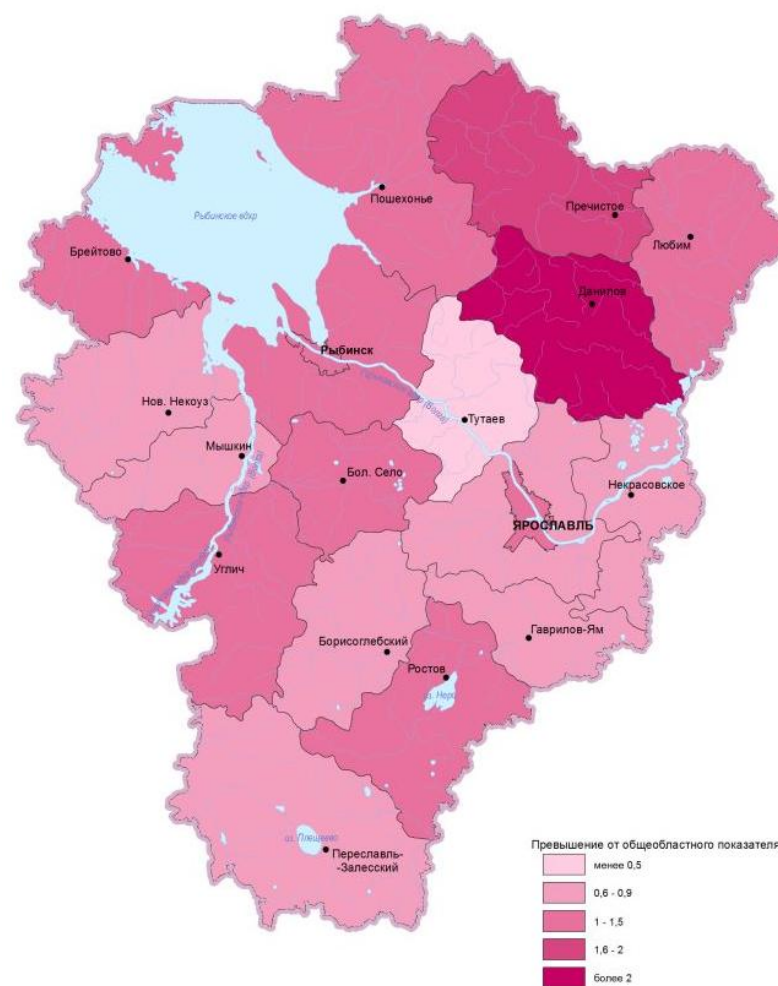
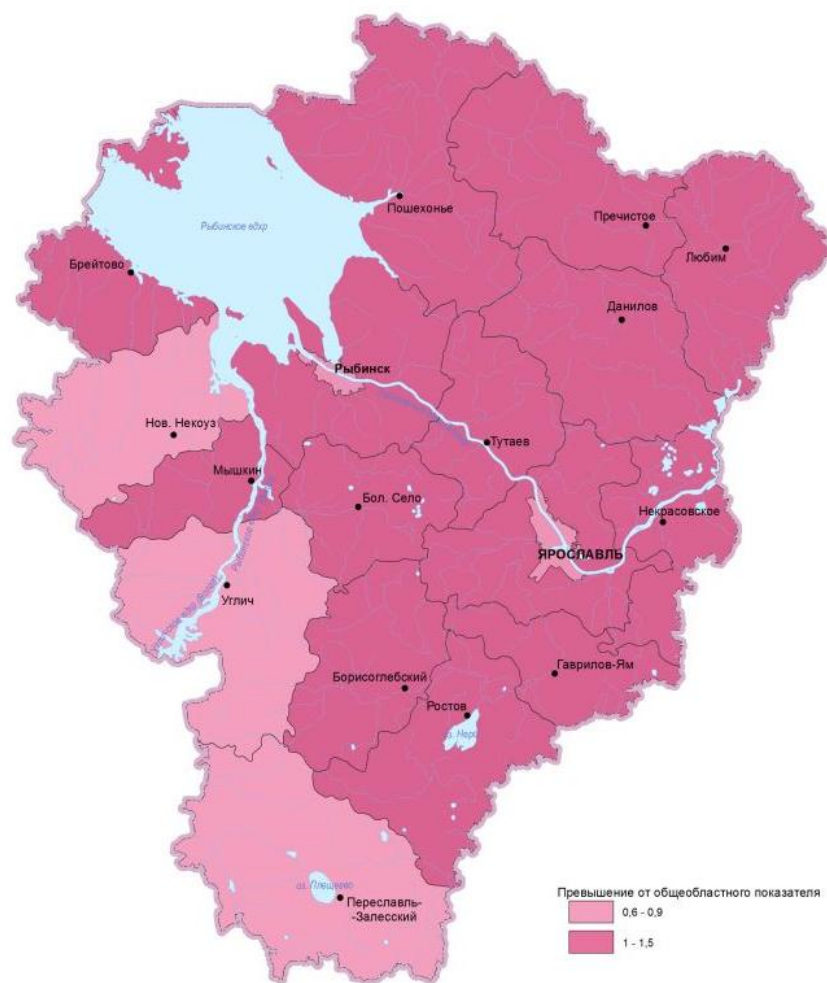
Рисунок 41 – Распределение уровней первичной заболеваемости органов дыхания среди (а) взрослого и (б) детского населения по муниципальным районам Ярославской области



(а)

(б)

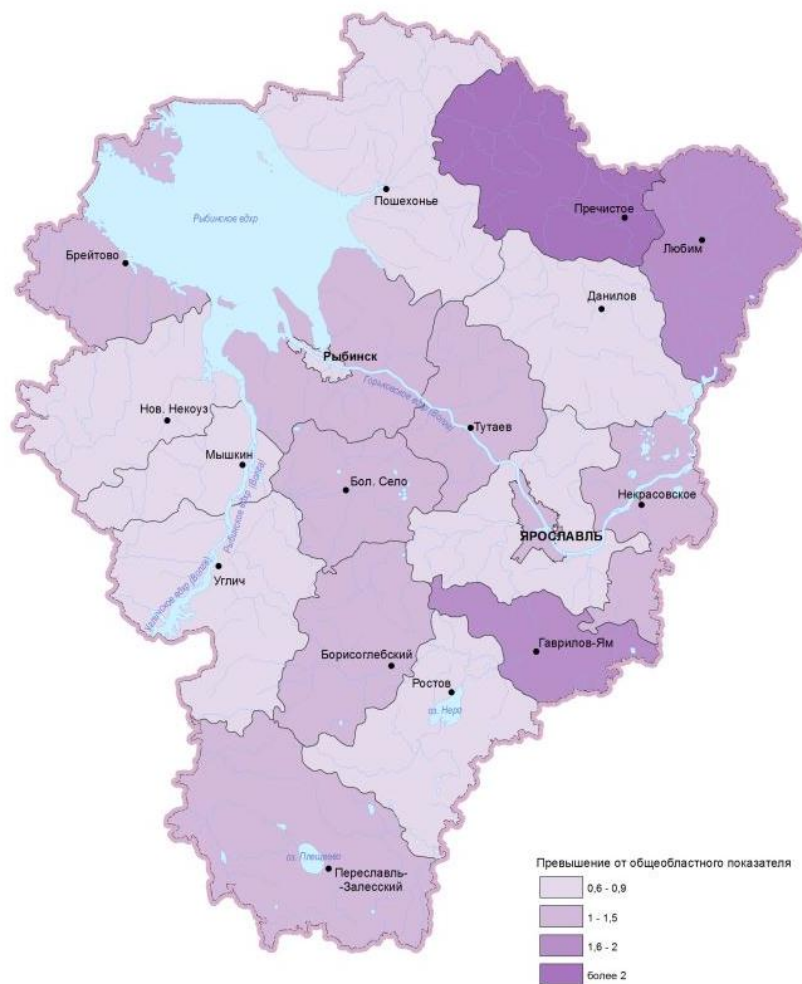
Рисунок 42 – Распределение уровней первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями среди (а) взрослого и (б) детского населения по муниципальным районам Ярославской области



(a)

(б)

Рисунок 43 – Распределение уровней первичной заболеваемости сердечно-сосудистой системы среди (а) взрослого и (б) детского населения по муниципальным районам Ярославской области

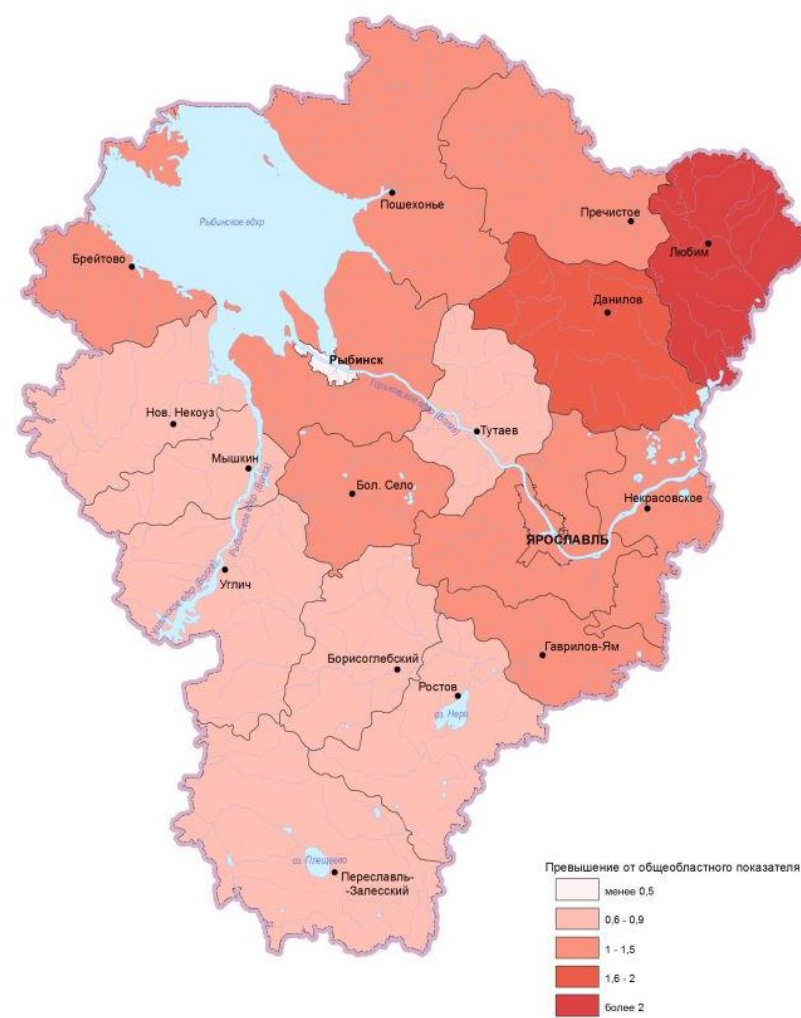
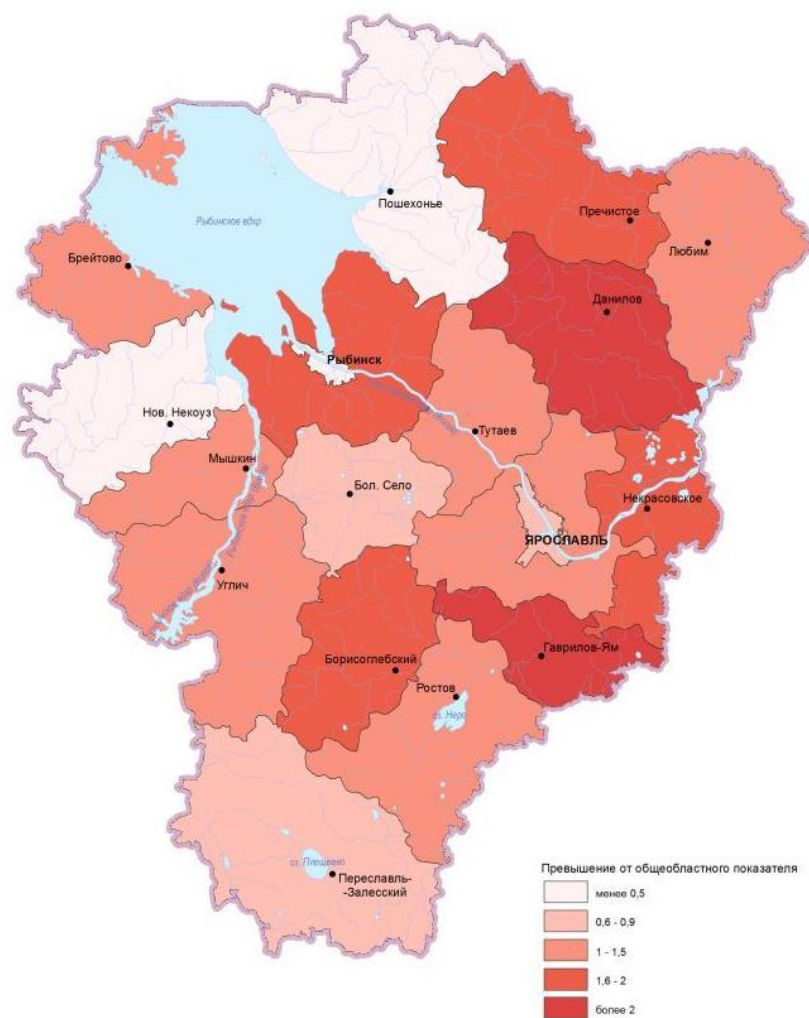


(a)



(б)

Рисунок 44 – Распределение уровней первичной заболеваемости центральной нервной системы среди (а) взрослого и (б) детского населения по муниципальным районам Ярославской области



(а) (б)

Рисунок 45 – Распределение уровней первичной заболеваемости крови среди (а) взрослого и (б) детского населения по муниципальным районам Ярославской области

Оценка гипотезы о соответствии нормальности распределения исследуемых переменных. С целью выбора оценочных корреляционных критериев была выполнена оценка гипотезы о соответствии нормальности распределения значений рассматриваемых переменных (для взрослого населения – 13 переменных, для детей – 14, а также 5 переменных по загрязняющим веществам). Для достижения данной цели использовались критерии Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка, для уточнения результатов оценки Колмогорова-Смирнова, в качестве дополнительного критерия, применялась поправка Лиллиефорса (таблица 35).

Таблица 35 – Оценка гипотезы о нормальном распределении медико-географических параметров для взрослого и детского населения

Наименование параметра	Критерий Колмогорова-Смирнова		Критерий Лиллиефорса	Критерий Шапиро-Уилка	
	d	p		W	p
Взрослое население					
I ОД	0,20	> 0,20	> 0,05	0,91	0,06
I CCC	0,15	> 0,20	> 0,20	0,96	0,54
I кровь	0,16	> 0,20	> 0,20	0,94	0,22
I рак	0,17	> 0,20	> 0,15	0,91	0,08
I ЦНС	0,13	> 0,20	> 0,20	0,95	0,35
Int	0,13	> 0,20	> 0,20	0,97	0,78
Первичная заболеваемость ОД	0,18	> 0,20	< 0,10	0,94	0,27
Первичная заболеваемость CCC	0,13	> 0,20	> 0,20	0,95	0,43
Первичная заболеваемость крови	0,12	> 0,20	> 0,20	0,97	0,79
Первичная заболеваемость раком	0,15	> 0,20	> 0,20	0,97	0,86
Первичная заболеваемость ЦНС	0,26	> 0,20	> 0,01	0,79	0,00059
Численность взрослого населения	0,43	< 0,01	< 0,01	0,44	0,000001
Смертность в трудоспособном возрасте	0,15	> 0,20	> 0,20	0,95	0,34
Детское население					
I ОД	0,13	> 0,20	> 0,20	0,95	0,52
I CCC	0,08	> 0,20	> 0,20	0,96	5,15
I кровь	0,15	> 0,20	> 0,20	0,93	0,16
I рак	0,13	> 0,20	> 0,20	0,95	0,37
I ЦНС	0,016	> 0,20	< 0,15	0,92	0,12

Наименование параметра	Критерий Колмогорова-Смирнова		Критерий Лиллиефорса	Критерий Шапиро-Уилка	
	d	p		W	p
<i>Int</i>	0,10	> 0,20	> 0,20	0,95	0,44
Первичная заболеваемость ОД	0,13	> 0,20	> 0,20	0,95	0,40
Первичная заболеваемость ССС	0,28	< 0,10	< 0,20	0,79	0,00069
Первичная заболеваемость крови	0,16	> 0,20	< 0,20	0,92	0,15
Первичная заболеваемость раком	0,13	> 0,20	> 0,20	0,96	0,50
Первичная заболеваемость ЦНС	0,12	> 0,20	> 0,20	0,96	0,63
Численность детского населения	0,42	< 0,01	< 0,01	0,43	0,000001
Рождаемость	0,08	> 0,20	> 0,20	0,97	0,70
Младенческая смертность	0,10	> 0,20	> 0,20	0,97	0,80

Результаты исследования нормальности распределения значений рассматриваемых переменных по взрослому населению (таблица 35) показывают, что уровни d и W-статистики для переменных по частным стандартизированным индексам заболеваемости ССС, крови и ЦНС принимают гипотезу о нормальности распределения данных. Нормальное распределение наблюдается в отношении коэффициента медико-географической типизации. По частным стандартизированным индексам заболеваемости органов дыхания и злокачественными новообразованиями (раком) гипотеза о нормальном распределении данных отвергается. В данном случае, критерий Шапиро-Уилка играл решающую роль в принятии решения о принятии или непринятии гипотезы.

Что касается показателей первичной заболеваемости органов дыхания, ССС, крови, раком, уровни d и W-статистики показывают, что гипотеза о нормальности распределения данных может быть принята. О ненормальности распределения данных показывает анализ по показателям заболеваемости ЦНС.

В качестве дополнительных переменных в анализ были включены медико-демографические показатели (численность взрослого населения, смертность в трудоспособном возрасте). Оценка гипотезы по данным критериям показала

различия в распределении. По показателю численности взрослого населения уровни d и W -статистики отвергают гипотезу. По показателю смертности в трудоспособном возрасте, гипотеза о нормальности распределения данных принимается.

Рассмотрим результаты оценки нормальности распределения значений переменных по детям в возрасте от 0 до 17 лет (таблица 35). По частным стандартизированным индексам заболеваемости всех рассматриваемых приоритетных органов и систем, а также коэффициенту медико-географической типизации, уровни d и W -статистики подтверждают гипотезу о нормальном распределении значений, а рассматриваемые переменные являются нормально распределенными. Анализ характеристики распределения показателей первичной заболеваемости у детей показал, что по показателям заболеваемости органов дыхания, крови, ЦНС, раком значения d и W -статистики принимают гипотезу. Оценочные показатели d и W -статистик подтверждают ненормальное распределение параметров первичной заболеваемости ССС.

В качестве дополнительных анализируемых медико-демографических показателей были рассмотрены: детская численность, рождаемость и младенческая смертность. Из трех показателей, два (рождаемость и младенческая смертность) распределены нормально. По показателю детской численности уровни d и W -статистики отвергают гипотезу о нормальности распределения.

Рассмотрим оценку гипотезы о нормальности распределения значений концентраций по некоторым контролируемым загрязняющим веществам (таблица 36). По всем рассматриваемым переменным (выбросы в атмосферу, твердые вещества, диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота) гипотеза о нормальности распределения отвергается.

Таблица 36 – Оценка гипотезы о нормальном распределении концентраций по основным контролируемым загрязняющим веществам

Наименование параметра	Критерий Колмогорова-Смирнова		Критерий Лиллиефорса	Критерий Шапиро-Уилка	
	d	p		W	p
Общие выбросы	0,43	< 0,01	< 0,01	0,38	0,000001

Наименование параметра	Критерий Колмогорова-Смирнова		Критерий Лиллиефорса	Критерий Шапиро-Уилка	
	d	p		W	p
Твердые вещества	0,42	< 0,01	< 0,01	0,43	0,000001
Диоксид серы	0,50	< 0,01	< 0,01	0,38	0,000001
Оксид углерода	0,38	< 0,01	< 0,01	0,45	0,000001
Оксиды азота	0,43	< 0,01	< 0,01	0,41	0,000001

Анализ результатов оценки гипотезы о нормальном распределении показателей объемов выбросов, а также долей неудовлетворительных проб атмосферного воздуха по рассматриваемым загрязнителям показывает следующее. Из 9 представленных в таблице 37 переменных, 3 параметра нормально распределены, к ним относятся: общий объем выбросов, доли неудовлетворительных проб по формальдегиду и углероду оксиду. По остальным переменным гипотеза о нормальном распределении отвергается.

Таблица 37 – Оценка гипотезы о нормальном распределении показателей объемов выбросов и долей неудовлетворительных проб атмосферного воздуха по основным контролируемым загрязняющим веществам

Наименование параметра	Критерий Колмогорова-Смирнова		Критерий Лиллиефорса	Критерий Шапиро-Уилка	
	d	p		W	p
Объем выбросов от передвижных источников	0,35	< 0,10	< 0,01	0,79	0,006
Объем выбросов от стационарных источников	0,33	< 0,10	< 0,01	0,57	0,00004
Общий объем выбросов	0,17	> 0,20	> 0,20	0,94	0,460
Доля неуд. проб по формальдегиду	0,13	> 0,20	> 0,20	0,92	0,258
Доля неуд. проб по фенолу	0,23	> 0,20	< 0,10	0,73	0,001
Доля неуд. проб по азота диоксиду	0,28	< 0,20	< 0,01	0,74	0,001
Доля неуд. проб по углерода оксиду	0,18	> 0,20	> 0,20	0,88	0,068
Доля неуд. проб по сероводороду	0,38	< 0,05	< 0,01	0,59	0,00005
Доля неуд. проб по сера диоксиду	0,24	> 0,20	< 0,05	0,79	0,006

Корреляционный анализ. В связи с полученными данными о ненормальном распределении рассматриваемых показателей по взрослому и

детскому населению, характеризующееся преимущественно правосторонней асимметрией, для оценки корреляционной зависимости между рассматриваемыми переменными был выбран коэффициент Спирмена (R).

Анализ направленности связей между двумя процессами, в нашем случае взаимосвязей воздействия загрязняющих веществ атмосферного воздуха, включая некоторые контролируемые токсиканты от стационарных и передвижных источников и первичной заболеваемости населения (взрослого и детского) от выбранной нами индикаторной экологически обусловленной патологии, частных стандартизированных индексов заболеваемости с коэффициентом медико-географической типизации, а также основными демографическими показателями, показывает в ряде случаев присутствие корреляционной зависимости. Влияние некоторых климатических показателей на уровни экологически обусловленной заболеваемости, как среди взрослых, так и детей также подтверждает их значимость и показывает необходимость учета в медико-географических оценках.

Взрослое население. Среди взрослого населения (от 18 лет и старше), наиболее тесные достоверные корреляционные связи наблюдаются между показателями первичной заболеваемости органов дыхания и твердыми веществами ($R=0,60$; $p=0,006$ при $t(N-2)$ равным 3,1), оксидом углерода ($R=0,58$; $p=0,007$ при $t(N-2)$ равным 3,0), а также оксидами азота ($R=0,67$; $p=0,001$ при $t(N-2)$ равным 3,8). Корреляционный анализ связи первичной заболеваемости органов дыхания и общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух не показал значимой зависимости, и расценивается как вероятность воздействия. Полученные корреляционные зависимости подтверждают пульмонотоксическую направленность действия данных загрязнителей, а органы дыхания являются ключевой системой организма достаточно быстро реагирующей на воздействие загрязнителей атмосферы. Обратная зависимость наблюдается между первичной заболеваемостью ССС и выбросами оксида углерода ($R=-0,5$; $p=0,03$ при $t(N-2)$ равным -2,3) и оксидами азота ($R=-0,46$; $p=0,04$ при $t(N-2)$ равным -2,2) (рисунок 46).

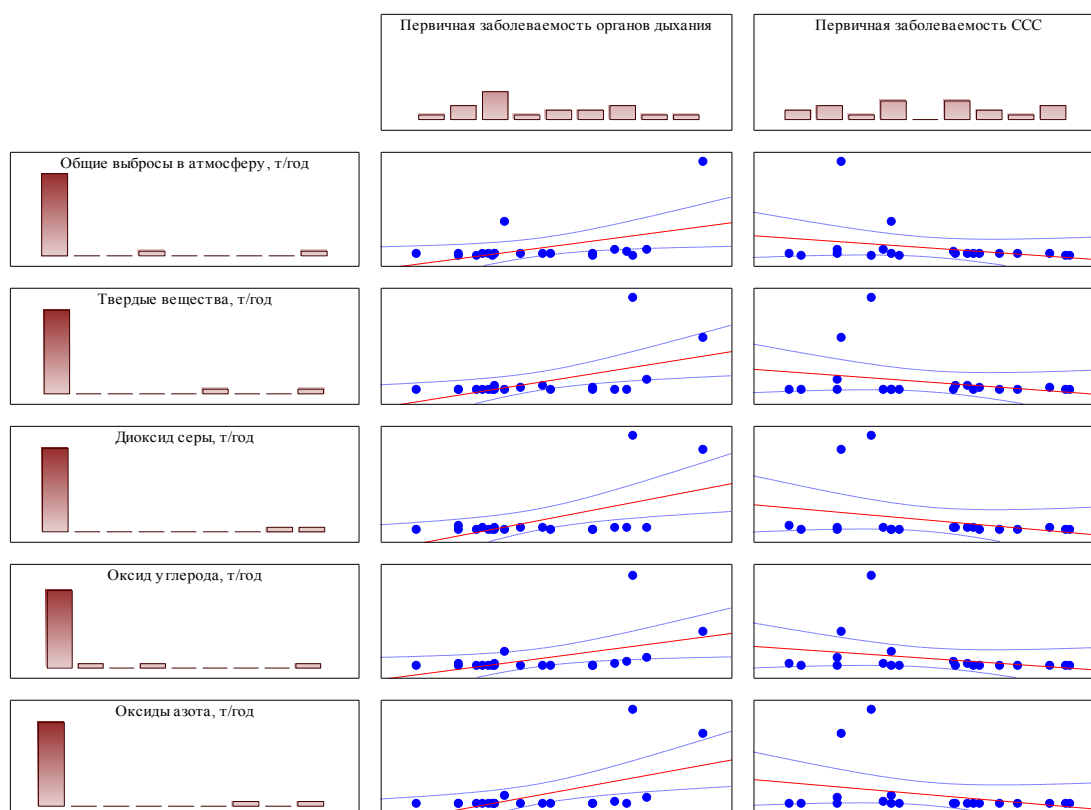


Рисунок 46 – Диаграмма рассеивания для величин уровней условной экспозиции основных загрязнителей и первичной заболеваемости взрослого населения

Воздействие химических токсикантов атмосферного воздуха имеет вероятность изменения численности взрослого населения и влияния на уровень смертности взрослого населения в трудоспособном возрасте. Так, корреляционная картина взаимодействий выбросов загрязняющих веществ, выбросов твердых веществ, диоксида серы, оксидов азота и углерода показывает средние положительные связи. Учитывая многофакторность влияния как на численность взрослого населения, так и на смертность, говорить о прямом влиянии выбросов не совсем корректно, но определенную роль в этом играют экологически обусловленные заболевания и воздействие факторов среды обитания. Заметные корреляционные зависимости наблюдаются между численностью взрослого населения и твердыми веществами ($R=0,72$; $p=0,0003$ при $t(N-2)$ равным 4,5), диоксидом серы ($R=0,62$; $p=0,003$ при $t(N-2)$ равным 3,4), оксидом углерода ($R=0,60$; $p=0,005$ при $t(N-2)$ равным 3,2), а также оксидами азота ($R=0,67$; $p=0,001$ при $t(N-2)$ равным 3,8).

Что касается воздействия загрязнителей на смертность взрослого населения, то средняя взаимосвязь наблюдается только в отношении воздействия оксидов азота, при этом связь расценивается как обратная ($R = -0,51$; $p = 0,02$ при $t(N-2)$ равным 2,5). По другим загрязнителям значимых корреляционных зависимостей не выявлено (рисунок 47).

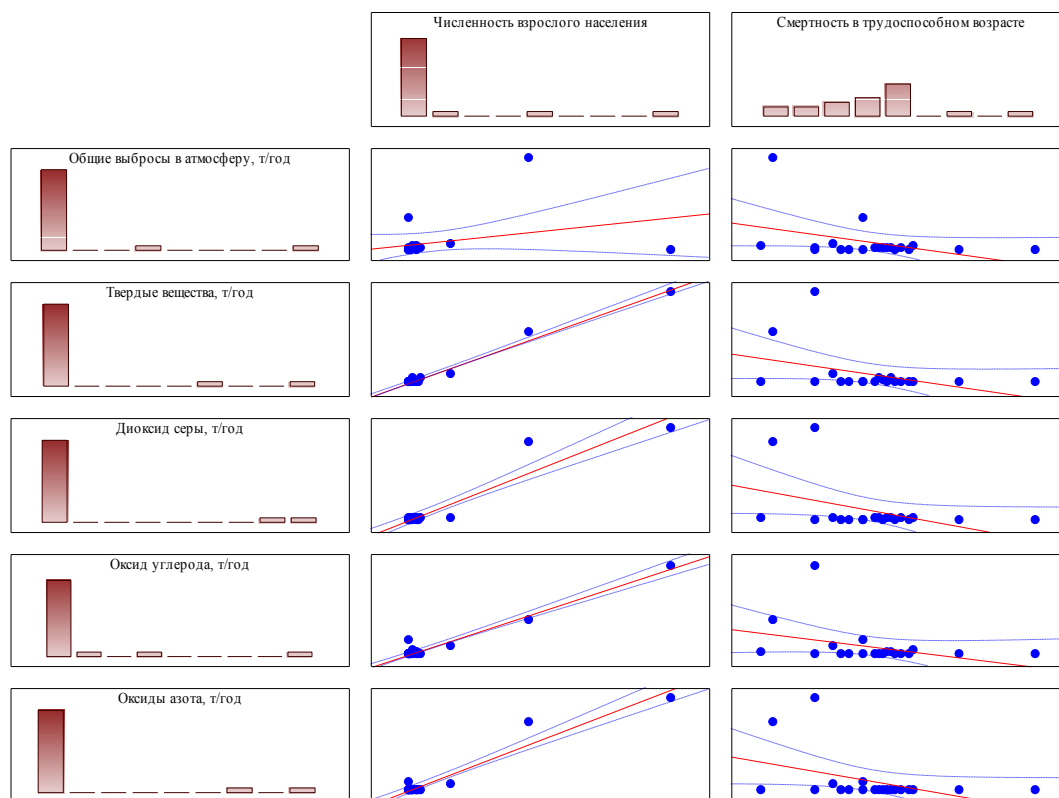


Рисунок 47 – Диаграмма рассеивания для величин условной экспозиции основных загрязнителей и основных демографических показателей взрослого населения

По ряду веществ корреляционную активность также проявляют доля проб атмосферного воздуха с превышением ПДК, общий объем выбросов, и выбросы преимущественно от передвижных источников (рисунок 48). Рассмотрим результаты анализа более подробно. Так доля проб с превышением ПДК по сере диоксиду имеет положительную значимую корреляционную связь с первичной заболеваемостью органов дыхания у взрослых ($R = 0,6$; $p = 0,03$ при $t(N-2)$ равным 2,5). Доля неудовлетворительных проб по углероду оксиду прямо коррелирует с первичной заболеваемостью взрослых ($R = 0,6$; $p = 0,03$ при $t(N-2)$ равным 2,5), а также с заболеваемостью ЦНС ($R = 0,6$; $p = 0,02$ при $t(N-2)$ равным 2,8). Средняя

значимая связь прослеживается между неблагоприятными пробами атмосферного воздуха по фенолу и первичной заболеваемостью взрослых ($R=0,7$; $p=0,008$ при $t(N-2)$ равным 3,2).

Тесная связь наблюдается между общим объемом выбросов в атмосферный воздух и первичной заболеваемостью взрослого населения ($R=0,8$; $p=0,003$ при $t(N-2)$ равным 3,8). Оценка корреляционной связи между выбросами от стационарных и передвижных источников и заболеваемости показала приоритетность выбросов от передвижных источников в способности оказывать определенное влияние на уровень первичной заболеваемости органов дыхания ($R=0,7$; $p=0,007$ при $t(N-2)$ равным 3,3), CCC ($R=0,7$; $p=0,007$ при $t(N-2)$ равным 3,3), а также крови ($R=0,6$; $p=0,02$ при $t(N-2)$ равным 2,6).

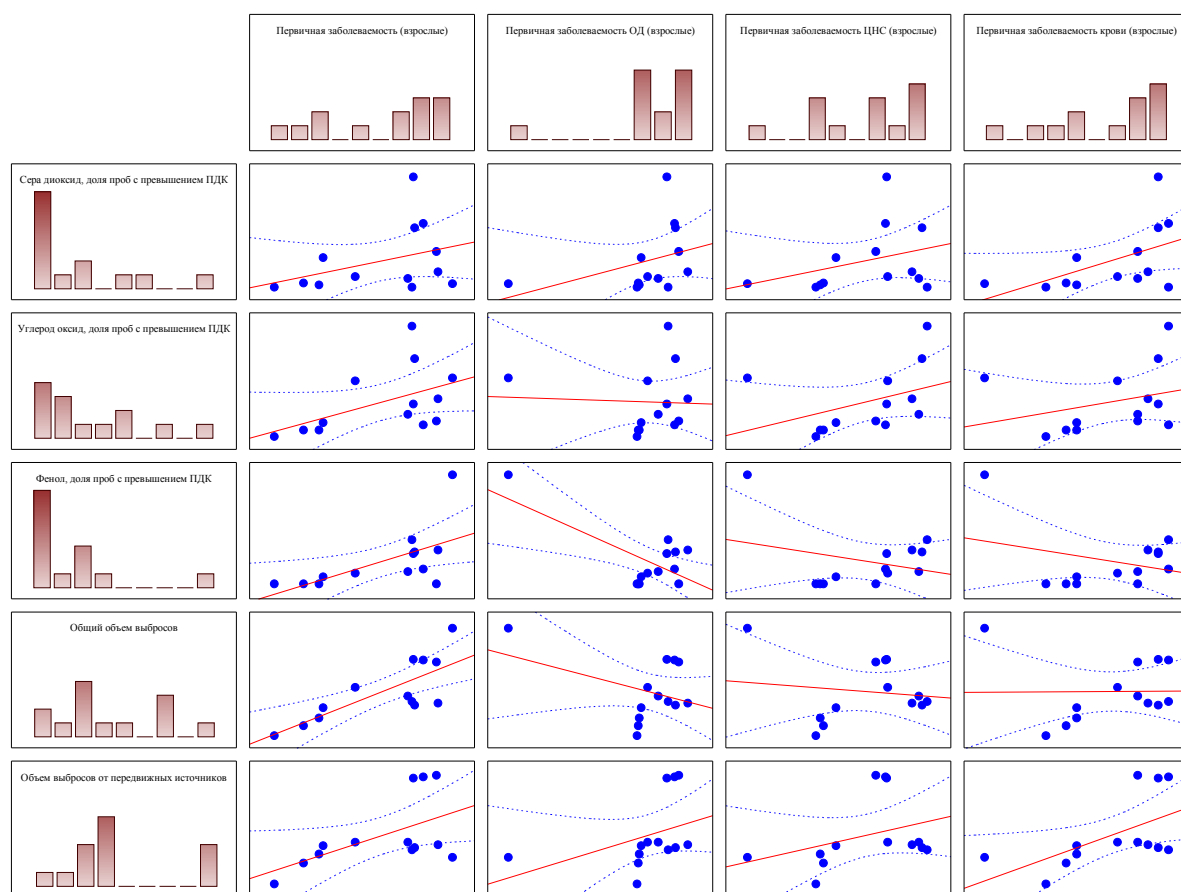


Рисунок 48 – Диаграмма рассеивания для доли неудовлетворительных проб атмосферного воздуха, общего объема выбросов, а также выбросов передвижных источников и первичной заболеваемости взрослого населения

При анализе частных стандартизированных индексов заболеваемости,

которые используются для расчета коэффициента медико-географической типизации, средние корреляционные зависимости наблюдаются между твердыми веществами и частным стандартизированным индексом заболеваемости раком ($R=0,6$; $p=0,008$ при $t(N-2)$ равным 3,1), что обусловлено опосредованным воздействием твердых частиц и способствующим увеличению заболеваемости данной патологией. Следует отметить, что некоторые канцерогенные токсиканты проявляют свою канцерогенную активность только в комплексе с твердыми веществами, например, так себя ведет бенз/а/пирен. Средняя корреляционная зависимость наблюдается между оксидом углерода и коэффициентом типизации ($R=0,5$; $p=0,03$ при $t(N-2)$ равным 2,3). Более активно себя ведут оксиды азота. Наблюдается средняя связь между оксидами азота и индексом заболеваемости ЦНС ($R=0,5$; $p=0,03$ при $t(N-2)$ равным 2,3), индексом заболеваемости раком ($R=0,5$; $p=0,02$ при $t(N-2)$ равным 2,6), а также коэффициентом типизации ($R=0,55$; $p=0,01$ при $t(N-2)$ равным 2,8) что скорее всего также имеет опосредованное влияние на индексы и коэффициенты, в виде комбинированного воздействия оксидов азота с другими химическими токсикантами (рисунок 49).

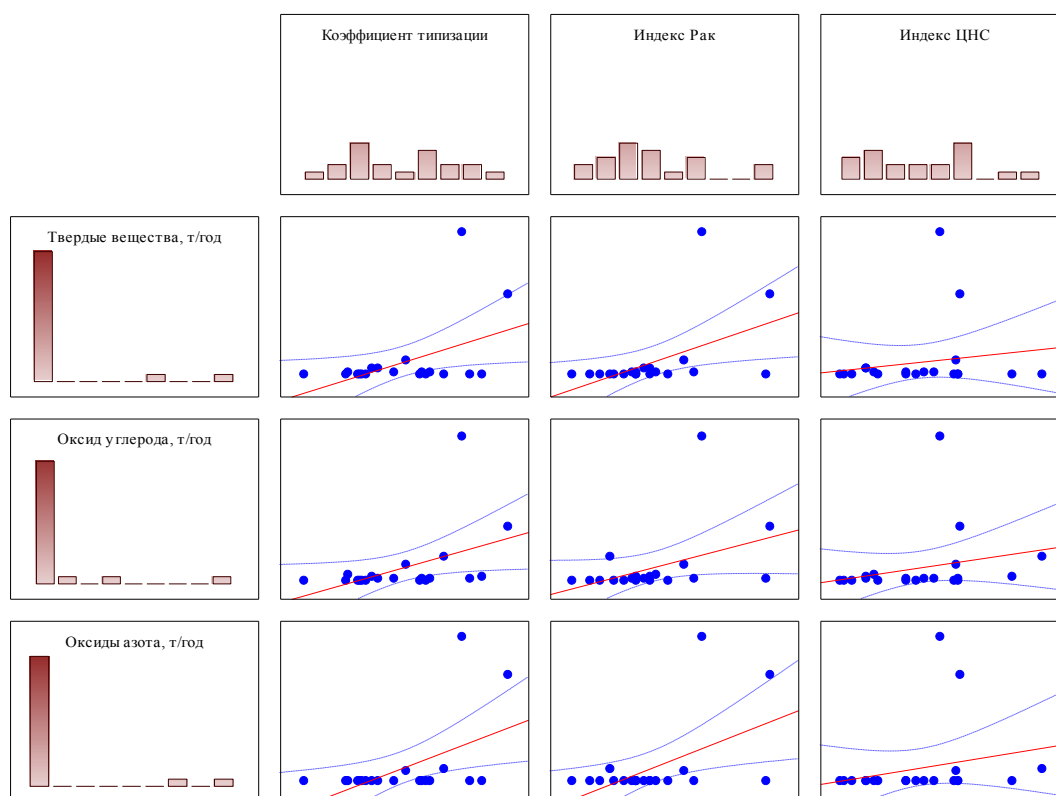


Рисунок 49 – Диаграмма рассеивания для величин уровней условной экспозиции основных загрязнителей стандартизированными частными индексами заболеваемости и коэффициентом медико-географической типизации взрослого населения

Степень воздействия климата на экологически обусловленную заболеваемость взрослого населения представлена средними корреляционными связями преимущественно между ветровым режимом, уровнями суммарной солнечной радиации и первичной заболеваемостью (рисунок 50). Средняя корреляционная зависимость наблюдается между скоростью ветра и первичной заболеваемостью взрослых (по всем нозологиям) и первичной заболеваемостью ЦНС ($R=0,59$; $p=0,03$ при $t(N-2)$ равным 2,44). Обратная значимая связь наблюдается между уровнями суммарной солнечной радиации и первичной заболеваемости ($R=-0,68$; $p=0,01$ при $t(N-2)$ равным -3,08). Уровни суммарной солнечной радиации проявляют среднюю корреляционную связь с первичной заболеваемостью раком ($R=0,66$; $p=0,01$ при $t(N-2)$ равным 2,98), что еще раз показывает канцерогенную роль данного фактора.

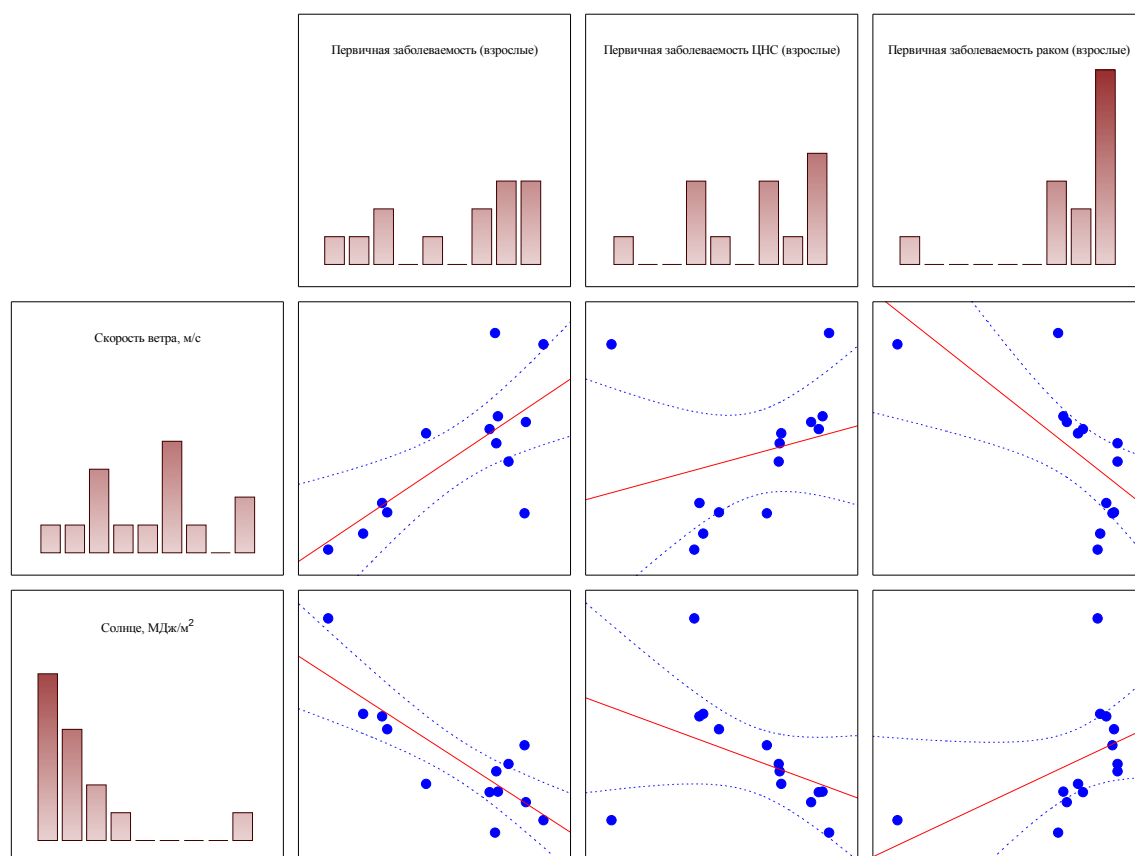


Рисунок 50 – Диаграмма рассеивания для величин уровней скорости ветра, суммарной солнечной радиации и первичной заболеваемостью взрослого населения

Детское население. По детскому населению корреляционная картина наиболее показательна между первичной заболеваемостью органов дыхания и оксидом углерода ($R=0,62$; $p=0,004$ при $t(N-2)$ равным 3,3), а также оксидами азота ($R=0,6$; $p=0,005$ при $t(N-2)$ равным 3,2) (рисунок 51). По остальным токсикантам (общие выбросы в атмосферу, твердые вещества, диоксид серы) связи не значимы и показывают тенденцию ($p>0,05$).

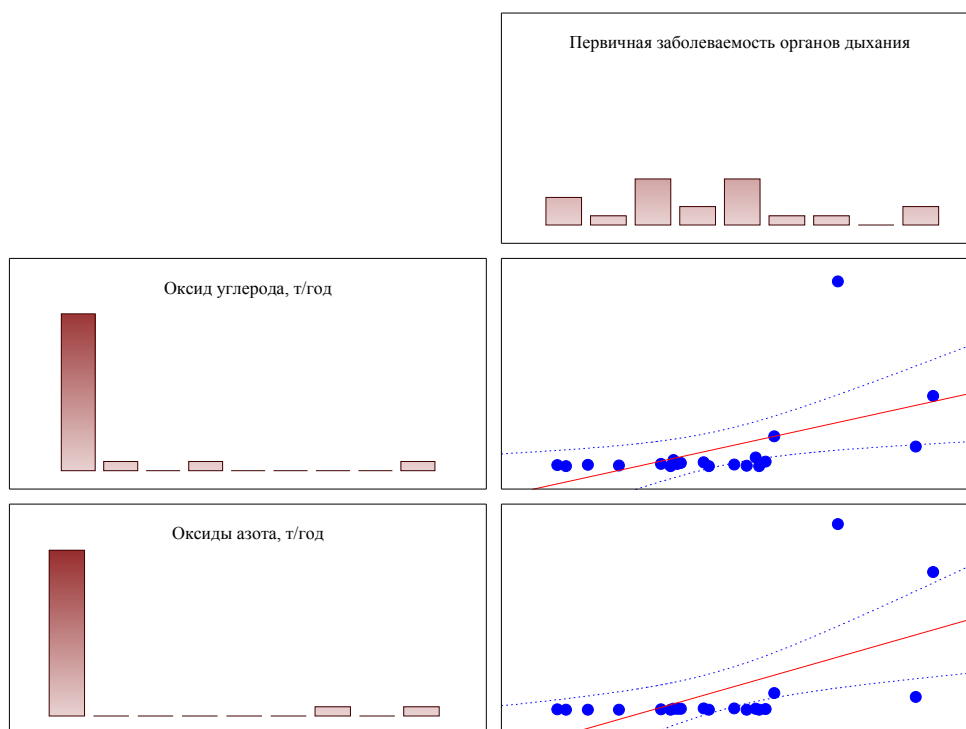


Рисунок 51 – Диаграмма рассеивания для величин уровней условной экспозиции основных загрязнителей и первичной заболеваемости детского населения

Средняя корреляционная активность проявляется между демографическими показателями и уровнями загрязнения атмосферы, по всем рассматриваемым загрязнителям (рисунок 52). Наиболее высокое значение коэффициента Спирмена наблюдается между детской численностью от 0 до 17 лет и твердыми веществами ($R=0,72$; $p=0,0003$ при $t(N-2)$ равным 4,4), но в тоже время наблюдается обратная связь с младенческой смертностью ($R=-0,5$; $p=0,03$ при $t(N-2)$ равным $-2,4$). Средние связи заметны между детской численностью и диоксидом серы ($R=0,63$; $p=0,002$ при $t(N-2)$ равным 3,5), оксидом углерода ($R=0,6$; $p=0,005$ при $t(N-2)$ равным 3,2) и оксидами азота ($R=0,65$; $p=0,001$ при $t(N-2)$ равным 3,7). При этом по некоторым веществам наблюдаются обратные связи с младенческой смертностью: по оксиду углерода ($R=-0,5$; $p=0,04$ при $t(N-2)$ равным $-2,2$), по оксидам азота ($R=-0,53$; $p=0,02$ при $t(N-2)$ равным $-2,7$).

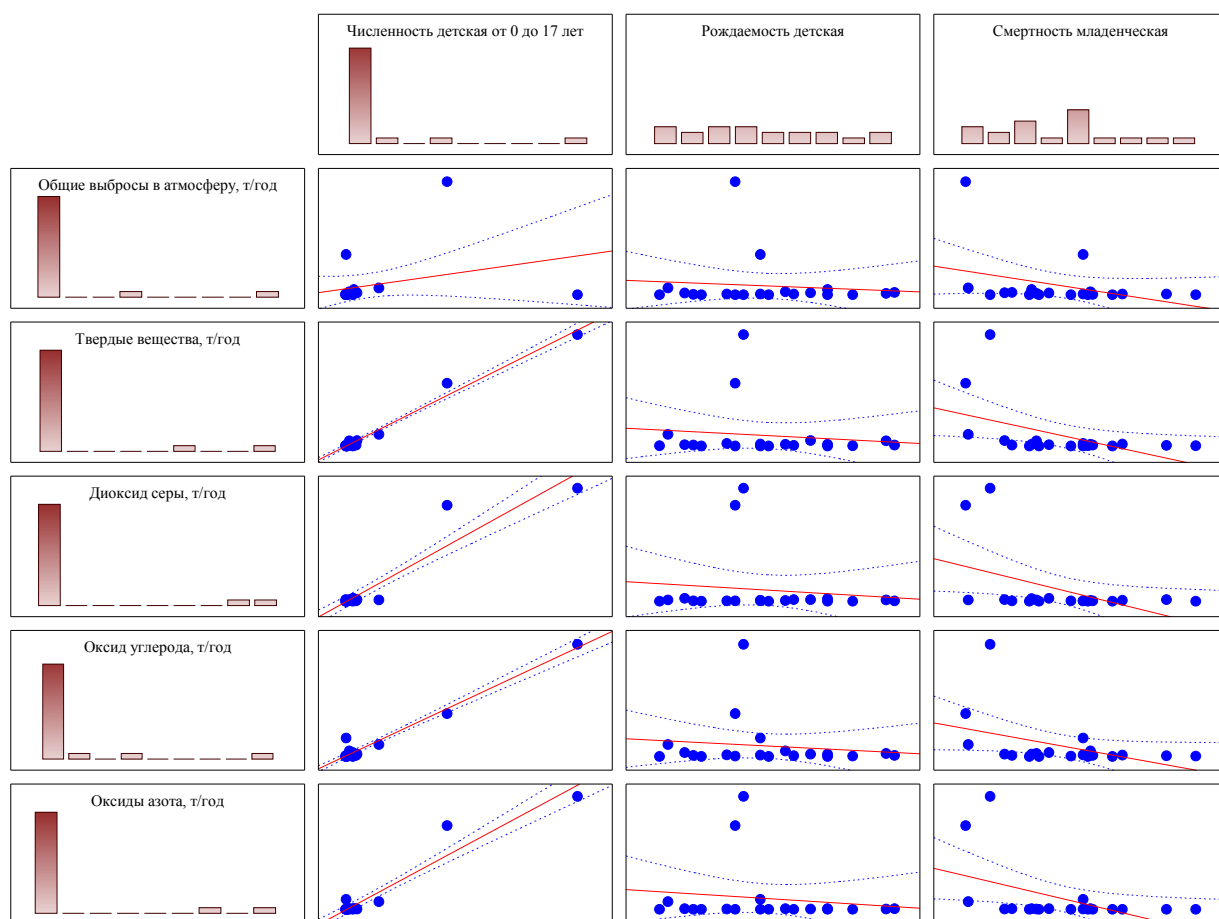


Рисунок 52 – Диаграмма рассеивания для величин уровней условной экспозиции основных загрязнителей и основным демографическим показателям детского населения

Корреляционная зависимость между детской первичной заболеваемостью и долей неудовлетворительных проб в основном имеет обратный характер (сера диоксид, сероводород, азота диоксид, фенол, формальдегид), значение коэффициента R находится в пределах от $-0,6$ до $-0,8$ при достижении критического уровня значимости $p < 0,05$. Исключение составляет доля проб с превышением ПДК по углероду оксиду и первичной заболеваемостью ССС ($R=0,57$; $p=0,04$ при $t(N-2)$ равным 2,3). Связь между объемом выбросов от стационарных источников и детской первичной заболеваемостью является обратной, значение коэффициента R находится в пределах от $-0,6$ до $-0,9$ при $p < 0,05$. Достаточно тесная взаимосвязь прослеживается между объемом выбросов от передвижных источников и первичной заболеваемостью ЦНС ($R=0,67$; $p=0,01$ при $t(N-2)$ равным 3,0), крови ($R=0,72$; $p=0,006$ при $t(N-2)$ равным 3,4) и раком

($R=0,66$; $p=0,01$ при $t(N-2)$ равным 2,9) (рисунок 53).

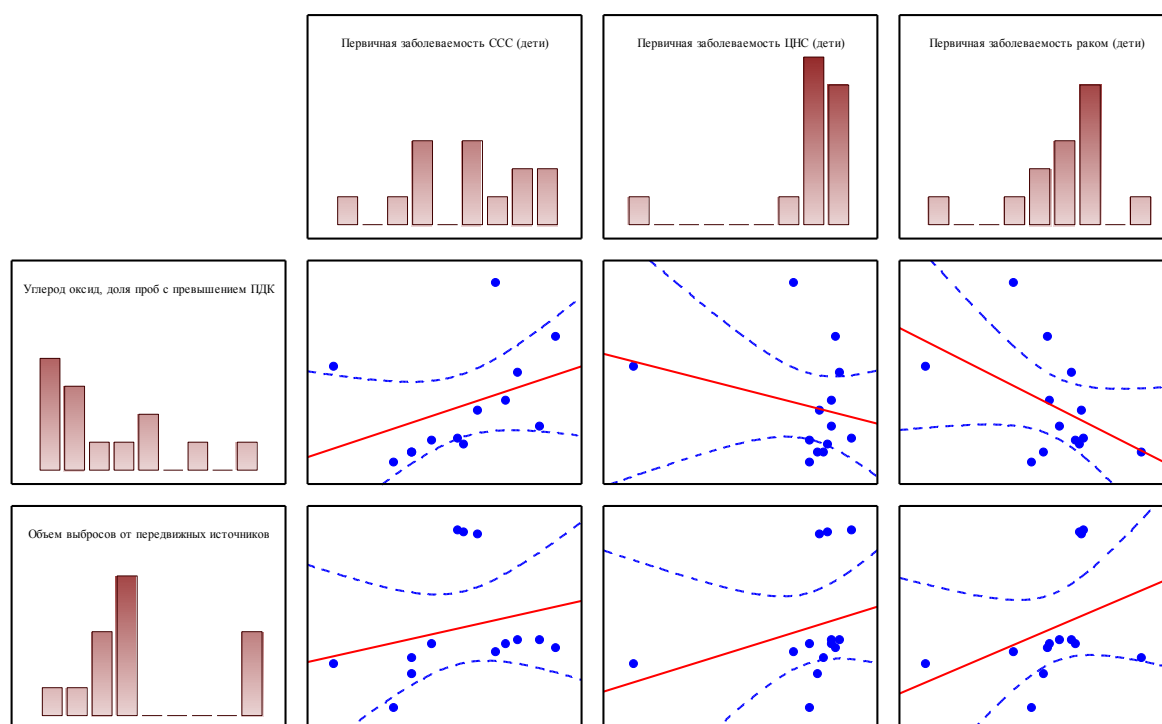


Рисунок 53 – Диаграмма рассеивания для доли неудовлетворительных проб атмосферного воздуха, выбросов передвижных источников и первичной заболеваемости детского населения

Несколько иная картина корреляционной зависимости наблюдается между загрязняющими веществами и частными стандартизированными индексами болезней, здесь среднюю корреляционную зависимость проявил только частный индекс по заболеваемости крови с твердыми веществами ($R=0,57$; $p=0,008$ при $t(N-2)$ равным 2,9), диоксидом серы ($R=0,52$; $p=0,02$ при $t(N-2)$ равным 2,6), оксидом углерода ($R=0,46$; $p=0,04$ при $t(N-2)$ равным 2,2), оксидами азота ($R=0,61$; $p=0,004$ при $t(N-2)$ равным 3,3) (рисунок 54).

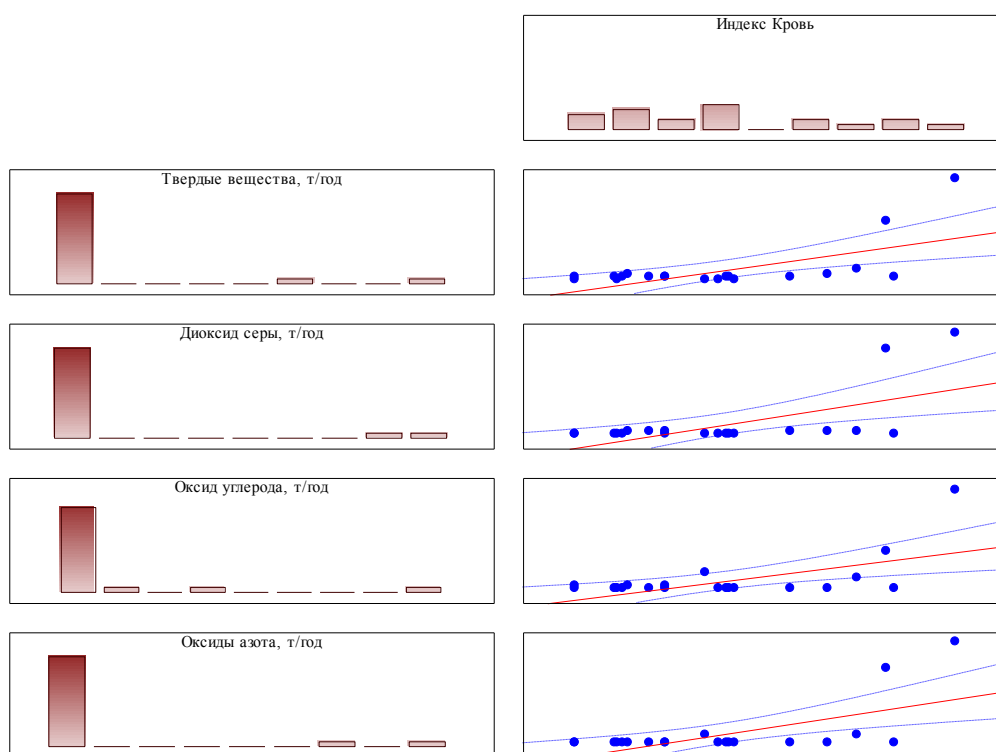


Рисунок 54 – Диаграмма рассеивания для величин уровней условной экспозиции основных загрязнителей и стандартизированным частным индексом заболеваемости крови детского населения

Климатический фактор играет важную роль в формировании уровней заболеваемости детского населения. В данном исследовании был выявлен ряд значимых корреляционных взаимосвязей с ветровым режимом на территории, уровнями суммарной солнечной радиации и минимальными температурами атмосферного воздуха (рисунок 55). В большей степени, такие зависимости характеризуются обратными корреляциями. Например, скорость ветра показывает достаточно сильную обратную корреляцию с первичной заболеваемостью ($R = -0,73$; $p = 0,004$ при $t(N-2)$ равным $-3,59$) и первичной заболеваемостью органов дыхания ($R = -0,87$; $p = 0,00007$ при $t(N-2)$ равным $-6,11$). Средняя корреляционная зависимость выявлена между минимальными температурами воздуха и первичной заболеваемостью органов дыхания ($R = -0,57$; $p = 0,04$ при $t(N-2)$ равным $-2,34$). Такая корреляционная картина, вероятно, связана, как с образом жизни детей, так и с их физиологическими особенностями, в частности реактивностью детского организма. Иначе представлена корреляционная картина зависимости уровней суммарной солнечной радиации и первичной заболеваемости детей, в данном

случает такая зависимость характеризуется как средняя, значимая, положительная ($R=0,72$; $p=0,004$ при $t(N-2)$ равным 3,53). Более тесная связь наблюдается между уровнями суммарной солнечной радиации и первичной заболеваемости органов дыхания ($R=0,85$; $p=0,0002$ при $t(N-2)$ равным 5,38).

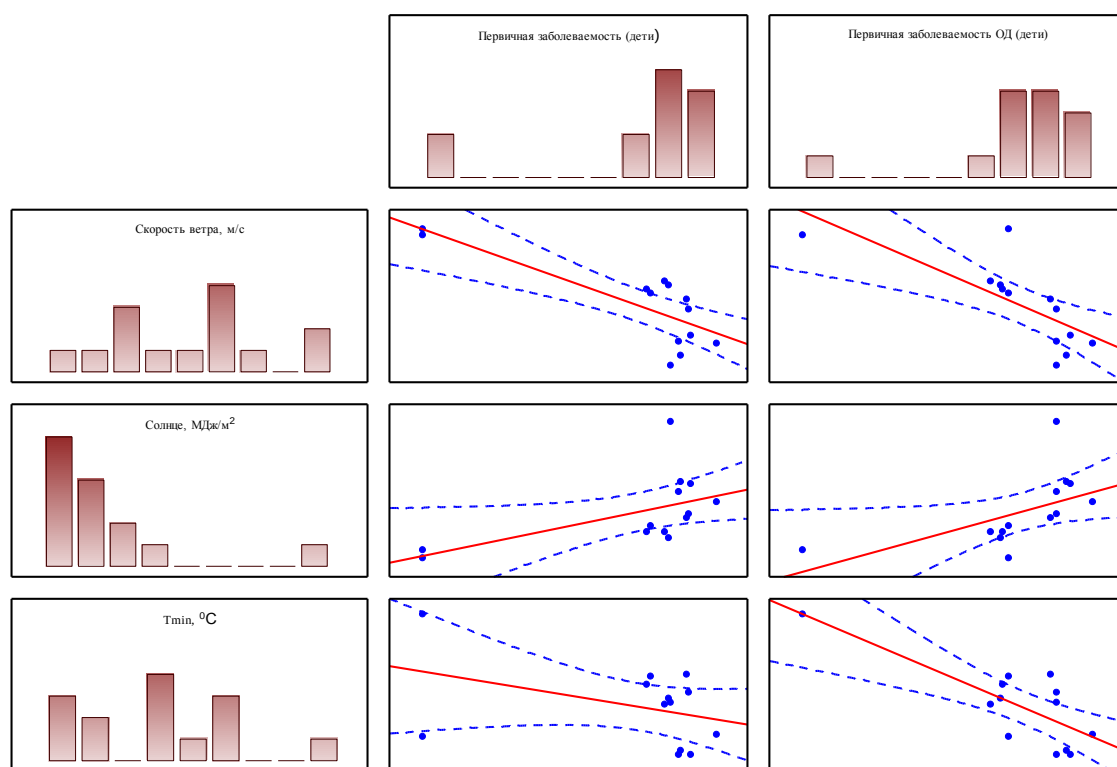


Рисунок 55 – Диаграмма рассеивания для величин уровней скорости ветра, суммарной солнечной радиации, минимальной температурой атмосферного воздуха и первичной заболеваемостью детского населения

В качестве дополнения и для сравнения результатов корреляционного анализа по заболеваемости взрослых и детей также применили коэффициент Пирсона (r), только для тех показателей, которые имели нормальное распределение, обоснованное на этапе принятия или непринятия гипотезы о нормальном распределении переменных. Так в группу нормально распределенных показателей первичной заболеваемости взрослого населения входят: болезни органов дыхания, ССС, крови и рака. Достоверные корреляционные связи наблюдались между болезнями органов дыхания и общими выбросами ($r=0,47$; $p=0,034$), твердыми веществами ($r=0,53$; $p=0,014$), диоксидом серы ($r=0,55$; $p=0,011$), оксидом углерода ($r=0,47$; $p=0,034$), оксидами азота

($r=0,55$; $p=0,011$). Также был нормально распределен коэффициент медико-географической типизации, его корреляционная связь наблюдалась с общими выбросами в атмосферу ($r=0,51$; $p=0,021$), твердыми веществами ($r=0,46$; $p=0,039$), диоксидом серы ($r=0,51$; $p=0,019$), оксидом углерода ($r=0,45$; $p=0,048$) и оксидами азота ($r=0,52$; $p=0,019$).

По детскому населению имело место принятие гипотезы о нормальном распределении показателей по первичной заболеваемости органов дыхания, крови, ЦНС и раку. Нормально распределенными показателями были значения коэффициента медико-географической типизации. Рассмотрим взаимосвязи с достигнутым уровнем значимости $p<0,05$. Взаимосвязь первичной заболеваемости органов дыхания у детей от 0 до 17 лет прослеживается с общими выбросами в атмосферу ($r=0,56$; $p=0,011$), твердыми веществами ($r=0,55$; $p=0,012$), диоксидом серы ($r=0,55$; $p=0,011$), оксидом углерода ($r=0,52$; $p=0,019$), оксидами азота ($r=0,6$; $p=0,007$), а также первичной заболеваемостью ЦНС с твердыми веществами ($r=0,5$; $p=0,030$), диоксидом серы ($r=0,52$; $p=0,020$) и оксидами азота ($r=0,51$; $p=0,021$).

Среднюю взаимосвязь имеет коэффициент медико-географической типизации с основными контролируемыми загрязнителями атмосферы. Средняя зависимость коэффициента наблюдается с твердыми веществами ($r=0,5$; $p=0,039$), оксидом углерода ($r=0,5$; $p=0,043$) и оксидами азота ($r=0,45$; $p=0,049$).

Канонический анализ. Учитывая многомерность рассматриваемых данных для анализа возможных зависимостей между множествами переменных был выполнен канонический анализ, который позволяет дискриминировать группу показателей качества атмосферного воздуха и экологически обусловленные заболевания, что имеет большое значение в географическом исследовании.

Взрослое население. Представленное в таблице 38 каноническое значение ($R=0,99957$) имеет высокое значение с высоким уровнем значимости ($p<0,001$), что показывает высокую корреляционную зависимость между взвешенными суммами показателей загрязнения атмосферного воздуха (левое множество),

уровнями приоритетной экологически обусловленной заболеваемости и основными демографическими показателями по взрослому населению (правое множество). Из левого множества переменных, 5 канонических корней, соответствующих уровням загрязнения атмосферного воздуха, извлекают 100 % дисперсии, а также 66,9 % дисперсии правого множества.

Учитывая все представленные канонические корни и переменные правого множества, изменчивость переменных левого множества объясняется 82,2 % дисперсии. Для правого множества, изменчивость переменных составляет 36,5 % дисперсии по переменным левого множества, что показывают достаточно тесную взаимосвязь между переменными левого и правого множеств.

Таблица 38 – Результаты итогового канонического анализа

Итоги канонического анализа Канонический R: 0,99957 $\chi^2(35)=111,08$ $p=0,0000$		
	Левое множество	Правое множество
Число переменных	5	7
Извлеченная дисперсия	100,000%	66,8894%
Общая избыточность	82,2034%	36,4879%
Переменные: 1	Общие выбросы в атмосферу, т/год	Первичная заболеваемость органов дыхания
2	Твердые вещества, т/год	Первичная заболеваемость ССС
3	Диоксид серы, т/год	Первичная заболеваемость крови
4	Оксид углерода, т/год	Первичная заболеваемость ЦНС
5	Оксиды азота, т/год	Первичная заболеваемость раком
6		Численность взрослого населения
7		Смертность в трудоспособном возрасте

Оценка значимости рассматриваемых канонических корней показывает высокую значимость ($p<0,001$) для первого корня, каноническое значение R которого составляет 0,99957. Значение Хи-квадрат для первого корня имеет максимальную величину – 111,08. После удаления первого корня, уровни значимости остальных корней значительно возрастают и характеризуются как не значимые, что в дальнейшем могут не рассматриваться (таблица 39).

Таблица 39 – Значения Хи-квадрат с успешно удаленными корнями

Корень Удаленный	Канонич. - R	Канонич. - R-кв.	Хи-кв.	сс	p	Лямбда - Перв.
0	0,999567	0,999135	111,0816	35	0,000000	0,000138
1	0,828750	0,686827	22,9289	24	0,524016	0,159723
2	0,610284	0,372447	8,4164	15	0,905978	0,510016
3	0,340851	0,116180	2,5923	8	0,957279	0,812705
4	0,283660	0,080463	1,0486	3	0,789503	0,919537

Факторная структура левого множества показывает достаточно большую нагрузку и, следовательно, тесную взаимосвязь показателей загрязнения атмосферного воздуха (твердые вещества, диоксид серы, оксид углерода и оксиды азота, структурные коэффициенты которых составляют 0,99; 0,94; 0,98; 0,96 соответственно) на первый канонический фактор (таблица 40).

Таблица 40 – Факторная структура левого множества

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4	Корень 5
Общие выбросы в атмосферу, т/год	0,282514	0,467437	0,131068	-0,812756	0,154719
Твердые вещества, т/год	0,992038	0,044892	0,014466	-0,114755	-0,021639
Диоксид серы, т/год	0,940620	0,065233	-0,009370	-0,331773	-0,028589
Оксид углерода, т/год	0,984416	-0,028059	0,094336	0,002139	0,145721
Оксиды азота, т/год	0,960848	0,084361	0,013866	-0,258215	0,052785

Факторная структура правого множества по первому каноническому корню, представленная в таблице 41, отображает значительную весомость нагрузок по численности взрослого населения (структурный коэффициент равен 0,99) и первичной заболеваемости органов дыхания (структурный коэффициент равен 0,50). Такая высокая взаимосвязь между рассматриваемыми переменными правого и левого множества еще раз подтверждают приоритетность пульмонотоксической направленности загрязнителей атмосферного воздуха, экологически обусловленной заболеваемости взрослых по органам дыхания и вероятно влиять в какой-то мере на численность населения.

Таблица 41 – Факторная структура правого множества

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4	Корень 5
Первичная заболеваемость органов дыхания	0,500258	0,510434	0,234190	-0,492437	-0,408714
Первичная заболеваемость ССС	-0,256858	-0,159014	-0,394293	0,380202	-0,298665

Первичная заболеваемость крови	-0,137970	-0,115370	0,569217	0,133912	-0,307224
Первичная заболеваемость ЦНС	-0,083737	-0,192724	-0,433652	-0,126271	0,098300
Первичная заболеваемость раком	0,215378	0,673877	-0,065545	0,381967	0,421123
Численность взрослого населения	0,997676	0,029149	0,010294	-0,055222	0,012166
Смертность в трудоспособном возрасте	-0,364306	-0,268702	-0,209549	0,649600	-0,041710

Анализ соотношений между каноническими переменными левого и правого множества по первому корню представлен на рисунке 56. Из представленной диаграммы рассеивания видно, что облако точек канонических переменных значимого первого корня левого и правого множества располагается вдоль регрессионной линии без отклонений, что характеризует отсутствие нарушений в предположениях канонического анализа.

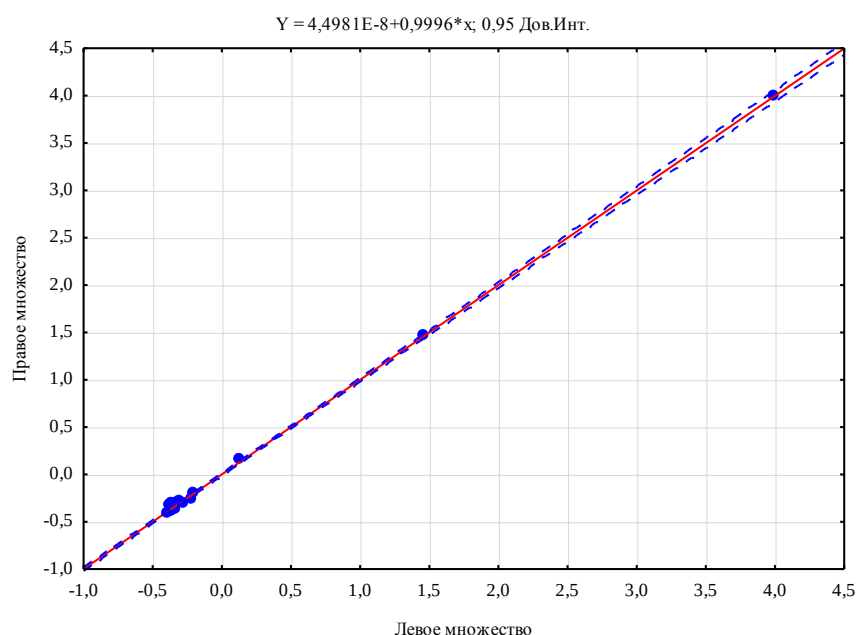


Рисунок 56 – Диаграмма рассеивания канонических корреляций переменных для первого корня (взрослое население)

Детское население. Результаты итогового канонического анализа рассматриваемых показателей по детскому населению показывают высокое каноническое значение ($R = 0,99930$) с высоким уровнем значимости ($p < 0,001$). Такие результаты позволяют судить о высокой корреляционной зависимости между взвешенными суммами показателей по левому и правому множеству, т.е.

можно предположить о существенном влиянии на медико-географические показатели детского населения выбранные факторы атмосферного воздуха. Из левого множества переменных, аналогично результатам канонического анализа по взрослому населению, 5 канонических корней извлекают 100 % дисперсии, а по правому множеству извлечение дисперсии составляет 59,8 %. При получении значений переменных правого множества, используя значения переменных левого, уровень изменчивости переменных левого множества объясняется 84,1 % дисперсии. Для правого множества переменных, изменчивость составляет 41,7 % дисперсии по переменным левого множества. Учитывая особенности общей избыточности, взаимосвязь между переменными левого (загрязнители атмосферного воздуха) и правого множеств (показатели экологически обусловленной заболеваемости и основные демографические критерии) характеризуется достаточной силой (таблица 42).

Таблица 42 – Результаты итогового канонического анализа по показателям загрязнения атмосферного воздуха и первичной заболеваемости детского населения

Итоги канонического анализа Канонический R: 0,99930 $\chi^2(40)=115,01$ $p=0,0000$		
	Левое множество	Правое множество
Число переменных	5	8
Извлеченная дисперсия	100,000%	59,8099%
Общая избыточность	84,0587%	41,7558%
Переменные: 1	Общие выбросы в атмосферу, т/год	Первичная заболеваемость органов дыхания
2	Твердые вещества, т/год	Первичная заболеваемость ССС
3	Диоксид серы, т/год	Первичная заболеваемость крови
4	Оксид углерода, т/год	Первичная заболеваемость ЦНС
5	Оксиды азота, т/год	Первичная заболеваемость раком
6		Численность детская от 0 до 17 лет
7		Рождаемость детская
8		Смертность младенческая

При оценке значимости рассматриваемых канонических корней максимальные уровни R наблюдаются у первого и второго корней, значения которых составляют 0,999301 и 0,891850 соответственно. Однако высокий

уровень значимости ($p < 0,001$) имеет первый корень. Значение Хи-квадрат для первого корня имеет максимальную величину – 115,01. При удалении первого корня, значения (p) по каждому корню возрастают с последующими удалениями и расцениваются как не значимые. В дальнейшем анализе участвуют переменные значимого первого корня (таблица 43).

Таблица 43 – Значения Хи-квадрат с успешно удаленными корнями

Корень Удаленный	Канонич. - R	Канонич. - R-кв.	Хи-кв.	сс	p	Лямбда - Перв.
0	0,999301	0,998603	115,0120	40	0,000000	0,000069
1	0,891850	0,795397	36,1301	28	0,139457	0,049250
2	0,711607	0,506385	17,0899	18	0,516952	0,240711
3	0,643951	0,414673	8,6179	10	0,568716	0,487649
4	0,408506	0,166877	2,1909	4	0,700698	0,833123

Анализ факторной структуры левого множества показывает, что высокую нагрузку в первом корне канонических переменных имеют твердые вещества, диоксид серы, оксид углерода и оксиды азота, структурные коэффициенты которых составляют 0,99; 0,94; 0,98; 0,96 соответственно. Данные переменные имеют большую значимость в проявлении тесной взаимосвязи с медико-географическими и демографическими показателями детского населения, а также объясняют индикаторы результирующего множества (таблица 44).

Таблица 44 – Факторная структура левого множества

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4	Корень 5
Общие выбросы в атмосферу, т/год	0,273581	-0,348232	0,342551	-0,334500	-0,758061
Твердые вещества, т/год	0,991330	-0,038607	0,052325	-0,074559	-0,086467
Диоксид серы, т/год	0,941452	-0,006625	0,161395	-0,128294	-0,266678
Оксид углерода, т/год	0,983004	-0,107029	-0,099236	0,085115	-0,071801
Оксиды азота, т/год	0,959520	-0,084135	0,113841	-0,067656	-0,233892

Как показывает факторная структура правого множества по первому каноническому корню (таблица 45), максимальная весомость нагрузок характерна для показателя численности детского населения от 0 до 17 лет (структурный коэффициент равен 0,99). На втором месте по весомости нагрузок находится показатель экологически обусловленной заболеваемости органов дыхания у детей

(структурный коэффициент равен 0,49). На третьем и четвертом месте – экологически обусловленная заболеваемость ЦНС у детей и младенческая смертность, структурный коэффициент которых составляет 0,44 и –0,44 соответственно. Полученные расчетные значения структурных коэффициентов показывают наличие взаимосвязи между рассматриваемыми переменными правого и левого множества. Это подтверждает приоритетность пульмонотоксическую активность основных загрязнителей атмосферного воздуха и показывает вероятное опосредованное воздействие загрязнителей на ЦНС детей, что, в конечном счете, вероятно имеет определенное значение в формировании уровней детской численности и младенческой смертности.

Таблица 45 – Факторная структура правого множества

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4	Корень 5
Первичная заболеваемость органов дыхания	0,492454	-0,608861	0,083967	-0,484427	-0,346865
Первичная заболеваемость ССС	-0,013037	-0,035633	-0,123350	-0,453874	0,417654
Первичная заболеваемость крови	-0,004832	0,382505	0,042186	-0,298150	-0,095368
Первичная заболеваемость ЦНС	0,440547	-0,286948	0,607168	-0,283941	-0,062502
Первичная заболеваемость раком	0,077246	-0,667793	0,037867	-0,006875	0,332147
Численность детская от 0 до 17 лет	0,997716	-0,045161	0,006379	-0,018340	-0,012223
Рождаемость детская	-0,126036	0,184577	-0,197860	-0,171453	0,002406
Смертность младенческая	-0,440044	0,351879	-0,042973	0,656833	-0,076032

Анализ соотношений между каноническими переменными двух множеств показывает, что облако точек канонических переменных располагается вдоль регрессионной линии без особых отклонений, что характеризует отсутствие нарушений в предположениях канонического анализа (рисунок 57).

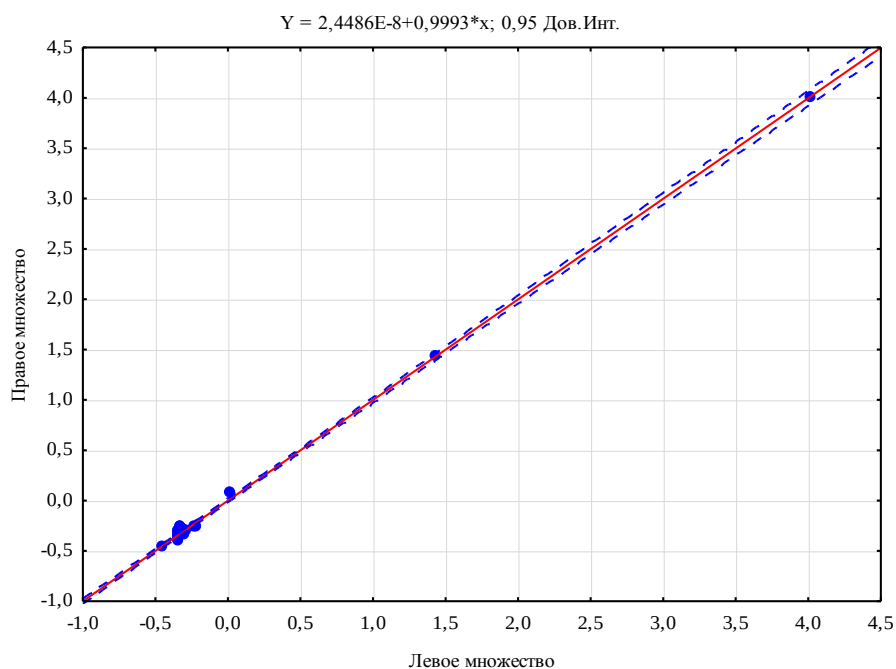


Рисунок 57 – Диаграмма рассеивания канонических корреляций переменных для первого корня (детское население)

Рассмотрим результаты канонического анализа с участием основных климатических факторов и экологически обусловленной заболеваемостью взрослого и детского населения.

Взрослое население. Взвешенная сумма основных показателей климата имеет высокую корреляционную связь с показателями экологически обусловленной заболеваемостью взрослого населения (таблица 46). Этому свидетельствует высокое каноническое значение ($R=0,99189$) при уровне значимости ($p<0,05$). Шесть канонических корней из левого множества переменных климата, извлекают 75,3 % дисперсии, а также 100 % дисперсии правого множества переменных заболеваемости.

Изменчивость основных климатических показателей объясняется 50,9 % дисперсии. Для показателей экологически обусловленной заболеваемости – 82,2 % дисперсии по климатическим переменным. Это демонстрирует тесную взаимосвязь между переменными рассматриваемых множеств.

Таблица 46 – Результаты итогового канонического анализа основных климатических показателей и первичной заболеваемости взрослого населения

Итоги канонического анализа Канонический R: 0,99189 $\chi^2(30)=44,059$ $p=0,04722$		
	Левое множество	Правое множество
Число переменных	6	5
Извлеченная дисперсия	75,3414%	100,000%
Общая избыточность	50,8988%	82,1690%
Переменные: 1	Осадки, мм	ОД взрослое население
2	Скорость ветра, м/с	ССС взрослое население
3	Солнце, МДж/м ²	ЦНС взрослое население
4	Tmax, °C	Кровь взрослое население
5	Tmin, °C	Рак взрослое население
6	Отн. влажность, %	

Из представленных в таблице 47 канонических корней, особую приоритетность имеет первый корень, значение канонического R у которого имеет максимальную величину и составляет 0,99 ($p=0,047$), значение Хи-квадрат – 44,05. Остальные корни расцениваются как не значимые ($p>0,05$).

Таблица 47 – Значения Хи-квадрат с успешно удаленными корнями

Корень Удаленный	Канонич. - R	Канонич. - R-кв.	Хи-кв.	сс	p	Лямбда - Перв.
0	0,991893	0,983851	44,05864	30	0,047221	0,000647
1	0,907895	0,824273	19,30330	20	0,502222	0,040066
2	0,838731	0,703471	8,87035	12	0,713949	0,228004
3	0,463290	0,214638	1,57670	6	0,954234	0,768909
4	0,144742	0,020950	0,12704	2	0,938457	0,979050

Наибольшую нагрузку в первом корне канонических переменных дают значения скорости ветра, уровни суммарной солнечной радиации и минимальной температуры атмосферного воздуха, структурные коэффициенты которых составляют 0,96; –0,91 и 0,69 соответственно. Высокие уровни структурных коэффициентов придают переменным приоритетность в проявлении взаимосвязи с экологически обусловленными заболеваниями (таблица 48).

Таблица 48 – Факторная структура левого множества

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4	Корень 5
Осадки, мм	-0,123691	0,086109	0,349983	-0,289652	-0,221766
Скорость ветра, м/с	0,964834	0,012660	0,117630	0,154529	0,147432
Солнце, МДж/м ²	-0,914885	-0,260908	0,010024	0,063759	-0,248937
Tmax, °C	0,033962	-0,333785	-0,044055	-0,082627	-0,780549

Tmin, °C	0,694310	-0,333826	-0,212573	-0,194450	-0,539918
Отн. влажность, %	-0,019457	0,324266	-0,657209	0,097942	-0,186588

Как видно из таблицы 49, наибольшая нагрузка канонического фактора проявляется в отношении показателя первичной заболеваемости ЦНС и рака.

Таблица 49 – Факторная структура правого множества

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4	Корень 5
ОД взрослое население	-0,302888	<i>0,911461</i>	0,198568	-0,041124	0,190726
ССС взрослое население	-0,214809	<i>0,918770</i>	0,240223	-0,226593	-0,025818
ЦНС взрослое население	0,228439	0,890890	0,370299	-0,092314	0,092130
Кровь взрослое население	0,170436	<i>0,975251</i>	0,106491	0,065092	0,065272
Рак взрослое население	-0,708486	0,688622	0,003170	-0,069877	-0,137679

Облако точек канонических переменных, представленных на рисунке 58, располагается вдоль регрессионной линии без выраженных отклонений, предположения канонического анализа сохраняются. Четко прослеживается прямая связь канонической корреляции между климатическим фактором и уровнем заболеваемости взрослого населения.

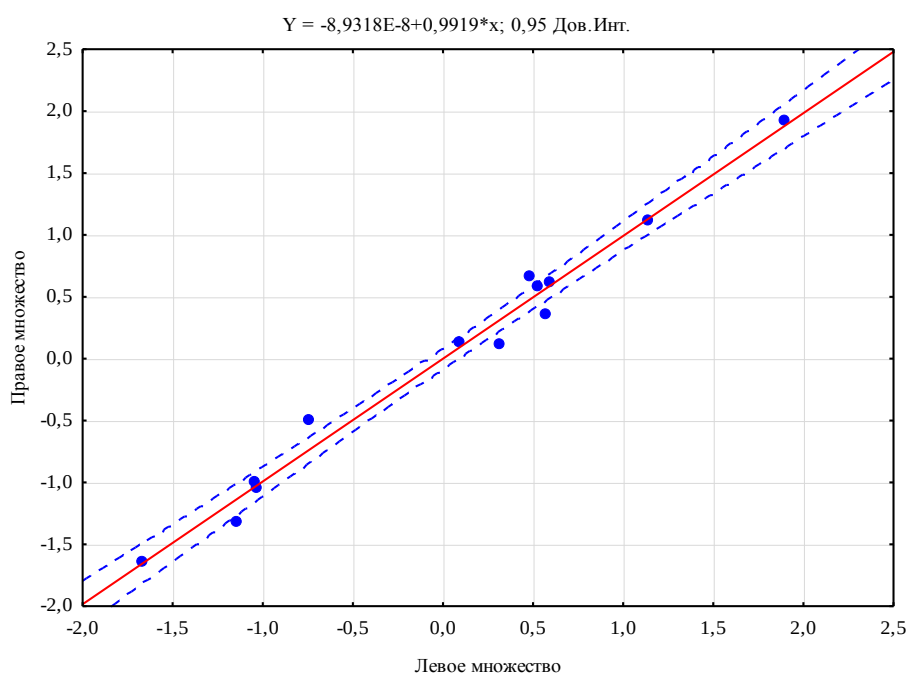


Рисунок 58 – Диаграмма рассеивания канонических корреляций переменных для первого корня (взрослое население)

Детское население. Более высокой значимостью ($p=0,00664$), характеризуется тесная корреляционная связь взвешенной суммы показателей климатического фактора с болезнями детского возраста ($R=0,98930$). Левое

множество переменных климатического фактора также представлено шестью показателями, извлекающих почти 77 % дисперсии и 100 % дисперсии правого множества, представленных переменными экологически обусловленной заболеваемости детского населения (таблица 50). При учете всех канонических корней и переменных правого множества, изменчивость переменных левого множества (климатический фактор) объясняется 55 % дисперсии. Для правого множества (болезни детей) изменчивость переменных составляет 79,8 % дисперсии по переменным левого множества, что подтверждает достаточно сильную взаимосвязь.

Таблица 50 – Результаты итогового канонического анализа основных климатических показателей и первичной заболеваемости детского населения

Итоги канонического анализа Канонический R: 0,98930 $\chi^2(30)=52,568$ $p=0,00664$		
	Левое множество	Правое множество
Число переменных	6	5
Извлеченная дисперсия	76,8506%	100,000%
Общая избыточность	55,0221%	79,8418%
Переменные: 1	Осадки, мм	ОД детское население
2	Скорость ветра, м/с	ССС детское население
3	Солнце, МДж/м ²	ЦНС детское население
4	Tmax, °C	Кровь детское население
5	Tmin, °C	Рак детское население
6	Отн. влажность, %	

Анализ приоритетности канонических корней показал значимость первого корня, для которого характерно максимальное значение канонического R, равное 0,98 при высоком уровне значимости $p=0,007$, а также наибольший уровень Хи-квадрата ($\chi^2=52,6$). Остальные корни расцениваются как не значимыми ($p>0,05$) и выпадают из дальнейшего анализа (таблица 51).

Таблица 51 – Значения Хи-квадрат с успешно удаленными корнями

Корень Удаленный	Канонич. - R	Канонич. - R-кв.	Хи-кв.	сс	p	Лямбда - Перв.
0	0,989300	0,978715	52,56840	30	0,006643	0,000157
1	0,965485	0,932162	29,46978	20	0,079008	0,007360
2	0,917694	0,842162	13,32601	12	0,345845	0,108500
3	0,467118	0,218199	2,24888	6	0,895440	0,687418
4	0,347454	0,120725	0,77194	2	0,679793	0,879275

Анализ факторной структуры по климатическим показателям первого корня показывает наибольшую нагрузку канонических факторов по скорости ветра, уровням суммарной солнечной радиации и минимальной температуры атмосферного воздуха. Их структурные коэффициенты составляют 0,79; –0,86 и 0,27 соответственно, что и определяет ведущую роль в формировании взаимосвязи значимых климатических показателей с экологически обусловленными заболеваниями детей (таблица 52).

Таблица 52 – Факторная структура левого множества

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4	Корень 5
Осадки, мм	-0,144410	0,422409	-0,330007	-0,555826	0,007840
Скорость ветра, м/с	0,789747	-0,454380	-0,362693	0,177860	0,026872
Солнце, МДж/м ²	-0,862859	0,344740	0,146015	0,119305	-0,166436
Tmax, °C	-0,206539	-0,144615	-0,385428	-0,147721	-0,443539
Tmin, °C	0,266950	-0,594793	-0,466124	-0,366605	-0,290867
Отн. влажность, %	0,064714	-0,098246	0,526099	-0,541857	-0,443772

Наибольшая нагрузка канонического фактора проявляется в отношении показателя первичной заболеваемости ССС и крови у детей (таблица 53).

Таблица 53 – Факторная структура правого множества

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4	Корень 5
ОД детское население	-0,269876	0,768013	0,570362	0,015391	0,108507
ССС детское население	0,649736	0,493064	0,011072	-0,419009	0,398798
ЦНС детское население	0,027136	0,790470	0,421017	-0,361436	0,257934
Кровь детское население	0,529900	0,676200	0,476455	-0,121562	0,142033
Рак детское население	-0,155717	0,395465	0,796537	-0,228717	0,364112

Диаграмма рассеивания значений канонических переменных показывает распределение точек значений левого и правого множеств вдоль регрессионной линии, что показывает прямую связь канонической корреляции между значимыми климатическими параметрами и уровнем заболеваемости детского населения (рисунок 59).

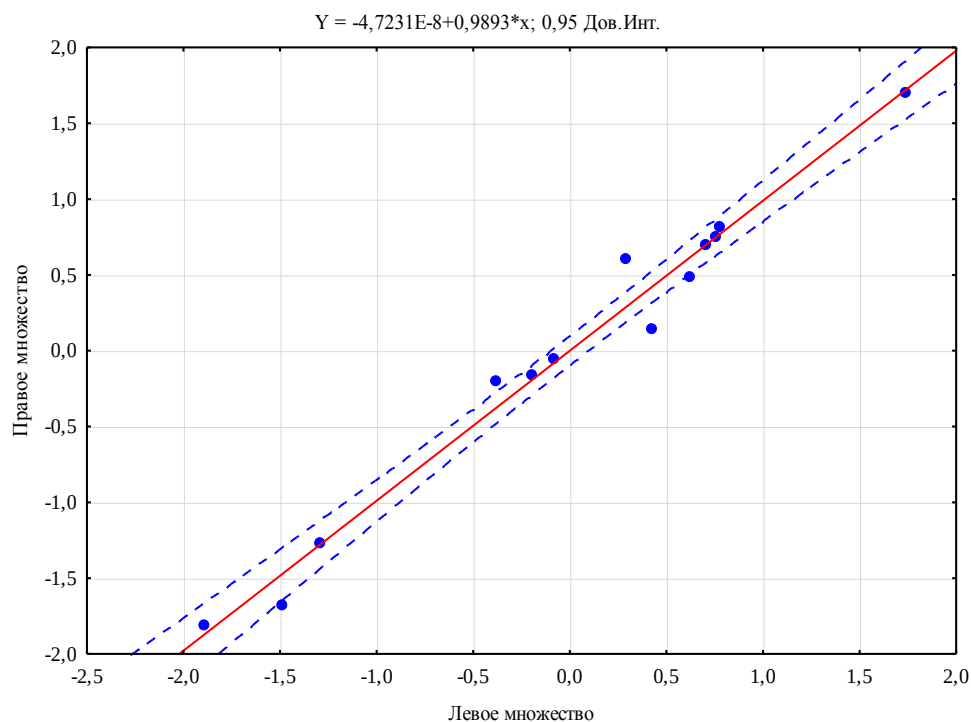


Рисунок 59 – Диаграмма рассеивания канонических корреляций переменных для первого корня (детское население)

В целом, полученные данные еще раз подтверждают наличие взаимосвязей заболеваемости, уровней загрязнения атмосферного воздуха, а также климатического фактора. Учитывая многофакторность формирования здоровья, средние корреляционные зависимости показывают значимость климато-экологического фактора и его определенного места в массиве известных факторов риска здоровью, как взрослого, так и детского населения. Конечно же, следует отметить, что участвующие в анализе официально контролируемые загрязнители, крайне ограничены в количестве и не полно отражают реальную картину химического воздействия на население. Выбор контролируемых загрязнителей не опирается на международно признанные процедуры оценки приоритетности и оценки рисков, что в данной ситуации следует расценивать как значительную неопределенность. Требуется расширение и актуализация перечня контролируемых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Определенную корреляционную активность проявляют индексные значения заболеваемости, отражающие медико-экологическую нагрузку на население, в частности

взаимосвязи показали частные индексы заболеваемости органов дыхания, ЦНС, раком у взрослого населения и крови у детей. Что показывает возможность их использования в интегральных оценках и географическом анализе медико-экологической напряженности территорий, особенно старого освоения, в том более, что изученные взаимосвязи воздействия химически загрязненного атмосферного воздуха затрагивают, как демографическую составляющую, так и показатели экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности. Отдельного внимания заслуживает климатический фактор, имеющий прямое влияние на формирование уровней заболеваемости. Наибольшей корреляционной связью с заболеваемостью обладали ветровой режим, суммарная солнечная радиация, а также минимальная температура атмосферного воздуха. Данные климатические показатели можно расценивать как приоритетные и необходимые для обязательного учета и оценки риска здоровью населения.

Результаты выполненных исследований позволяют взглянуть на оценку риска здоровью населения в несколько ином ракурсе, увеличивая значимость и необходимость развития эколого-географических, социально-географических и экономических направлений исследований. Для этого необходим интегральный исследовательский подход и использование интегральных научно обоснованных индикаторов.

4.4.1. Медико-географическая типизация Ярославской области на основе оценки риска здоровью населения

Изучение пространственных различий в распределении индикаторных экологически обусловленных заболеваний, как показателей качества окружающей среды, а также вероятных негативных эффектов воздействия разного рода факторов среды обитания, показывает необходимость ранжирования территорий по степени благоприятности проживания или напротив выявления рискованных районов. Весь процесс представляет собой своего рода медико-географическое районирование исследуемой территории, которое в свою очередь, что важно, опирается на результаты математического моделирования распространения

загрязняющих веществ, оценки экспозиционных нагрузок и характеристики рисков здоровью населения. Медико-географическое районирование или в данном случае изучение географических особенностей медико-экологической нагрузки на рассматриваемой территории осуществлялось с помощью интегрального подхода, где уровни приоритетной заболеваемости рассматривались не в традиционных величинах уровней первичной заболеваемости, а в виде индексной оценки и коэффициентов типизации. Результаты данного подхода позволяют лучше воспринимать территории риска в рамках многокритериальных задач в управленческих процедурах. Комплекс экологически обусловленных заболеваний, обоснованных с помощью оценки риска здоровью, объединяются в единый ранговый коэффициент с применением подходов скалярного ранжирования. Учитывая, что все анализируемые показатели характеризовались разномасштабностью значений, все количественные показатели стандартизовались с помощью разработанных частных индексов экологически обусловленной заболеваемости, что позволяет достаточно эффективно рассчитывать ранговый коэффициент и проводить ранжирование территорий и оценивать локальные санозкосистемы по медико-географической нагрузке.

Географическое распределение рангового коэффициента медико-географической типизации, характеризующего региональное здоровье взрослого и детского населения, позволило определить наиболее уязвимые территориальные «горячие точки», в которых необходимы дополнительные углубленные исследования. Выявление территорий риска позволяет «адресно» применять управленческие механизмы с целью улучшения ситуации и прогнозирования дальнейшего развития всех процессов на основании «риск-эффективность».

Выполненные исследования позволили определить фоновый уровень медико-географической нагрузки, как для взрослого населения, так и для детей. Для оценки медико-географической нагрузки по величине коэффициента типизации было предложено два варианта градаций. При разработке градаций

учитывались характер полученных значений коэффициента типизации, степень его дифференцировки, особенности визуализируемых явлений на исследуемой территории, картографическую детальность и точность.

Первый вариант градации имеет семь диапазонов с достаточно короткими интервалами и высокой детальностью уровней значения коэффициента типизации (таблица 54).

Таблица 54 – Градация значений коэффициента медико-географической типизации и его характеристика (вариант 1)

Величина коэффициента	Характеристика уровней
$\leq 2,5$	крайне низкий
2,6–2,9	низкий
3,0–3,5	ниже среднего
3,6–3,9	средний
4,0–4,5	выше среднего
4,6–4,9	высокий
$\geq 5,0$	крайне высокий

Второй вариант представляет более укрупненную градацию коэффициента и включает четыре диапазона (таблице 55). Второй вариант градации следует использовать в случаях, когда значения коэффициента типизации имеют выраженную дифференцировку, а результаты пространственного анализа позволяют хорошо детализировать проблемные зоны.

Таблица 55 – Градация значений коэффициента медико-географической типизации и его характеристика (вариант 2)

Величина коэффициента	Характеристика уровней
$\leq 2,5-2,9$	низкий
3,0–3,9	средний
4,0–4,9	высокий
$\geq 5,0$	крайне высокий

Учитывая достаточно низкую дифференцировку шкалы полученных значений коэффициента медико-географической типизации для географического анализа и трудности с пространственным отображением результатов типизации, оценка медико-географической нагрузки выполнялась по первому варианту градации коэффициента типизации.

Как показывают результаты выполненных исследований и особенность

полученных значений коэффициента типизации, в обоих случаях, величина областного (фонового) коэффициента медико-географической типизации равна 5, что характеризует крайне высокий уровень медико-географической нагрузки и состояния высокой напряженности в части регионального здоровья (рисунки 60, 62). Рассматривая распределение муниципальных районов Ярославской области по степени медико-географической нагрузки, отмечается ряд муниципальных районов попадающих в диапазон крайне высокого уровня, выше областного. К таким районам относятся Переславский и Тутаевский районы, коэффициенты типизации которых составляют 5,22 и 5,09 соответственно. Максимальный уровень нагрузки наблюдается в г. Ярославле, коэффициент типизации равен 5,48. Высоким уровнем нагрузки характеризуются Мышкинский, Некрасовский, Первомайский и Рыбинский муниципальные районы, значения коэффициентов типизации которых составляют от 4,82 до 4,6. Уровни медико-географической нагрузки характеризующиеся как выше среднего наблюдаются в Борисоглебском, Ярославском, Ростовском, Даниловском и Угличском муниципальных районах, а также г. Рыбинске (коэффициенты типизации находятся в пределах от 4,56 до 4,01). Средние уровни нагрузки определяются в Некоузском, Большесельском, Пошехонском, Гаврилов-Ямском и Брейтовском муниципальных районах, коэффициенты типизации которых находятся в пределах 3,95 – 3,80. Единственным муниципальным районом, для которого уровень нагрузки характеризуется как ниже среднего, является Любимский район, коэффициент типизации для которого составляет 3,35 (рисунки 60).

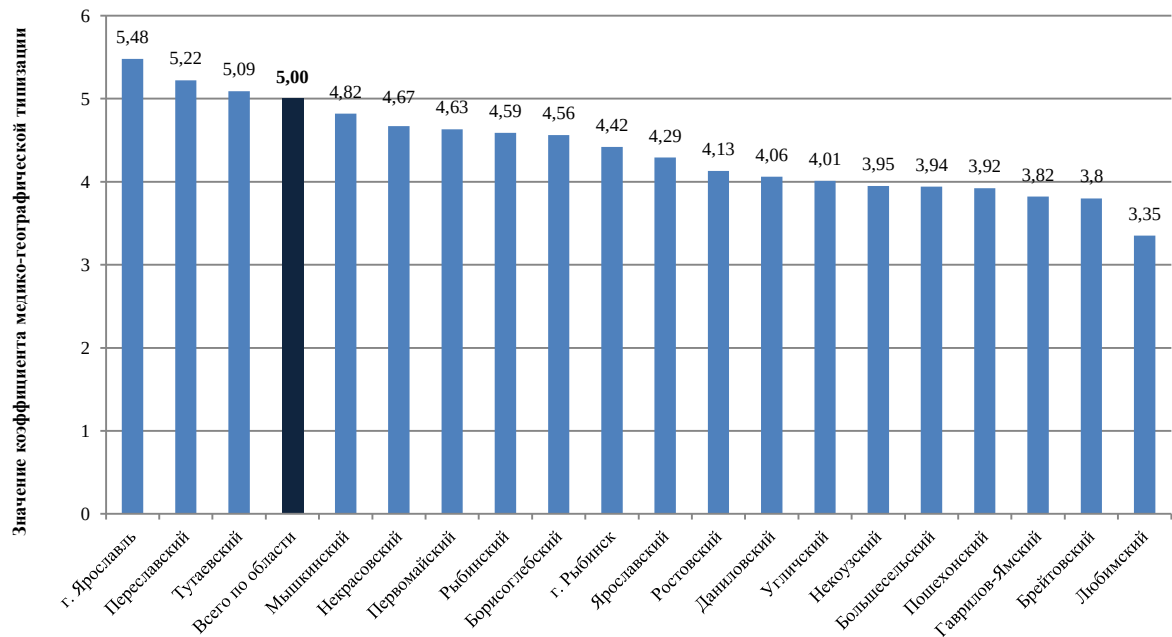


Рисунок 60 – Ранжирование муниципальных районов Ярославской области по коэффициенту медико-географической типизации (взрослое население)

Географический анализ пространственного распределения ранговых коэффициентов дает отчетливую картину особенностей расположения локальных санозкосистем с наиболее дискомфортными районами, в отношении формирования регионального здоровья взрослого населения (рисунок 61).

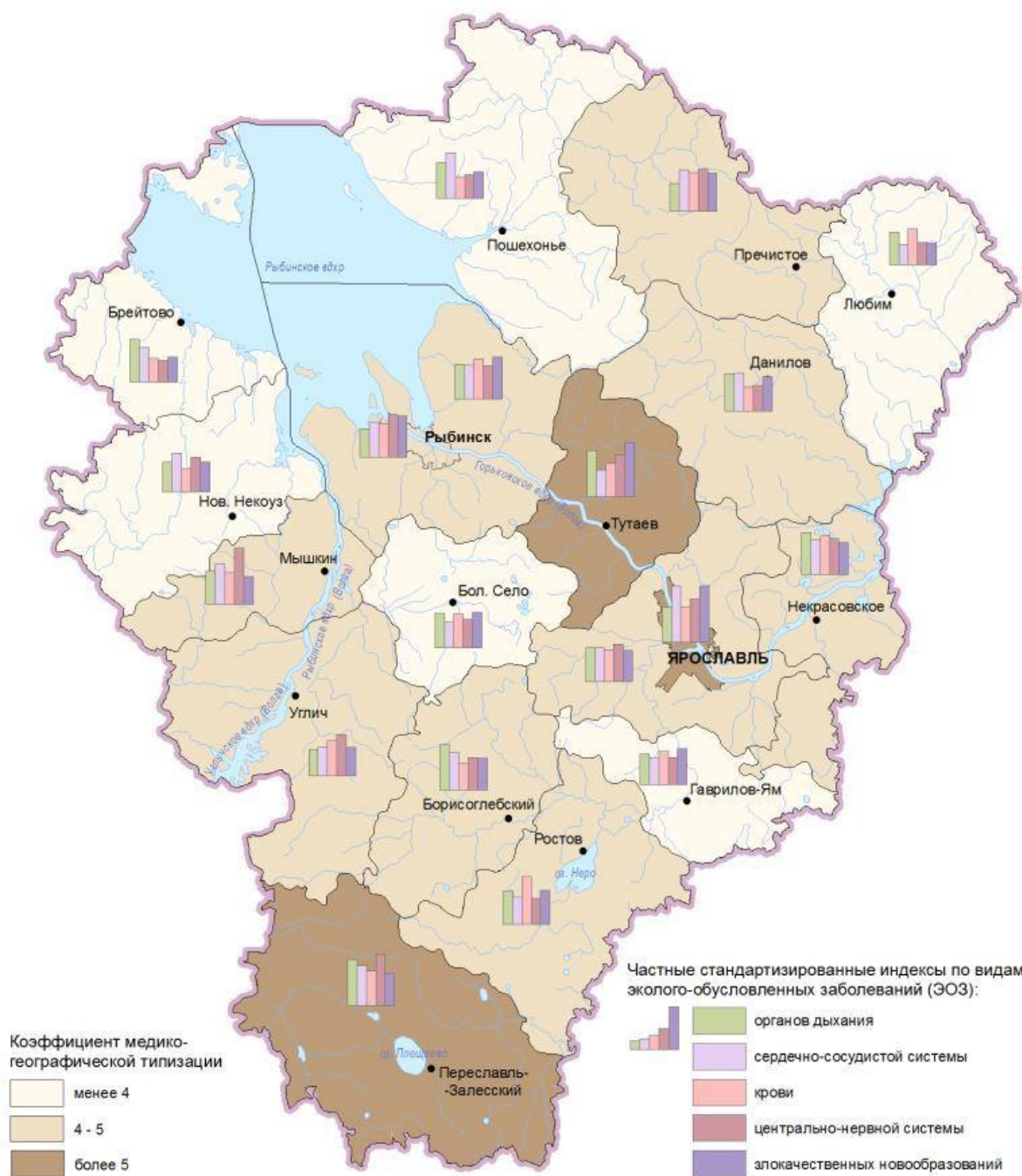


Рисунок 61 – Распределение коэффицента медико-географической типизации на территории Ярославской области, относительно здоровья взрослого населения и на основании оценки риска

Примечание: временной диапазон составляет 2002 – 2014 гг.

Что касается детского населения, то ситуация по уровню медико-географического напряжения в районах и особенностях размещения санозкосистем значительно отличается от взрослого населения. В первую очередь это зависит от характерных изменений реактивности детского организма и несовершенства адаптационных механизмов, т.е. особенностей экосенситивности.

Определенную роль играет и фактор пространственного перемещения детей по территории области, их постоянство проживания. Полученные данные показывают, что в основном уровни нагрузки характеризуются как средние, выше среднего и высокие. Средним уровнем нагрузки характеризуются Любимский, Ярославский, Большесельский, Гаврилов-Ямский и Первомайский муниципальные районы, значения коэффициентов типизации которых составляют от 3,98 до 3,81. Уровни медико-географической нагрузки, характеризующиеся как выше среднего, наблюдаются в Мышкинском, Рыбинском, Брейтовском, Тутаевском, Некоузском, Борисоглебском, Переславском, Даниловском и Пошехонском муниципальных районах, коэффициенты типизации находятся в пределах от 4,54 до 4,15. Сокращается количество районов с высокой нагрузкой, к таким районам относят Некрасовский, Угличский муниципальные районы, где коэффициент типизации составляет 4,86 и 4,78 соответственно. Также в этот диапазон входит г. Ярославль и г. Рыбинск, с коэффициентами типизации 4,64 в обоих случаях. Единственным районом, попадающим в диапазон крайне высокой нагрузки, является Ростовский муниципальный район, величина коэффициента типизации равна 5 ед. и находится на уровне областного значения нагрузки (рисунок 62).

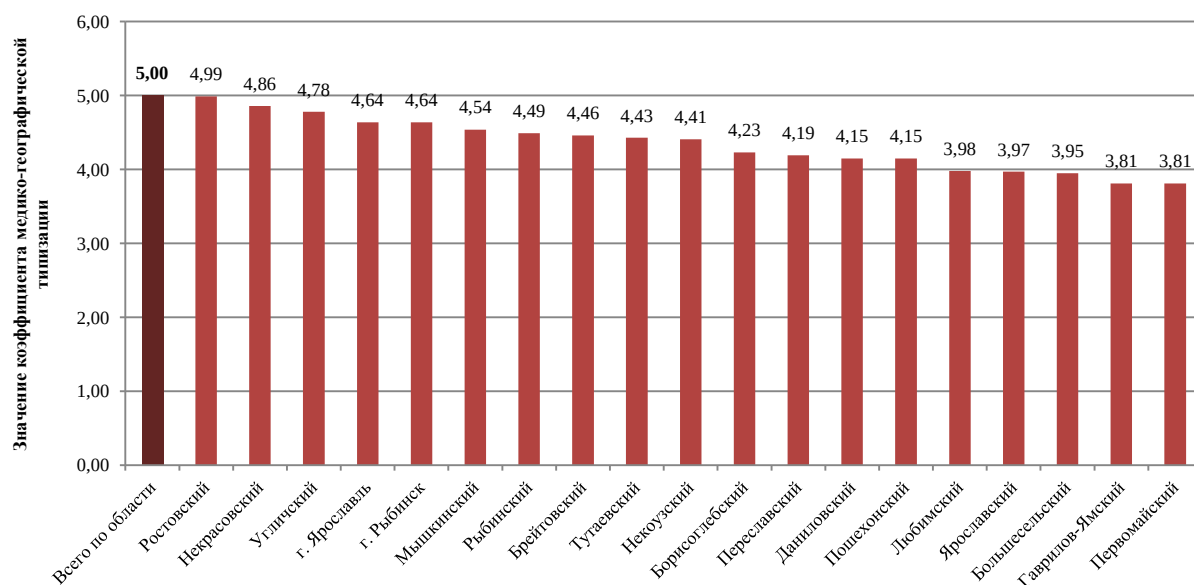


Рисунок 62 – Ранжирование муниципальных районов Ярославской области по коэффициенту медико-географической типизации (детское население)

Пространственная структура медико-географической нагрузки, представленная распределением ранговых коэффициентов среди детского населения, позволила сориентироваться в расположении рискогенных санозкосистем, в которых сохраняется достаточно высокая детская заболеваемость, а также имеется высокая степень вероятности сохранения такого уровня медико-географической нагрузки (рисунок 63).

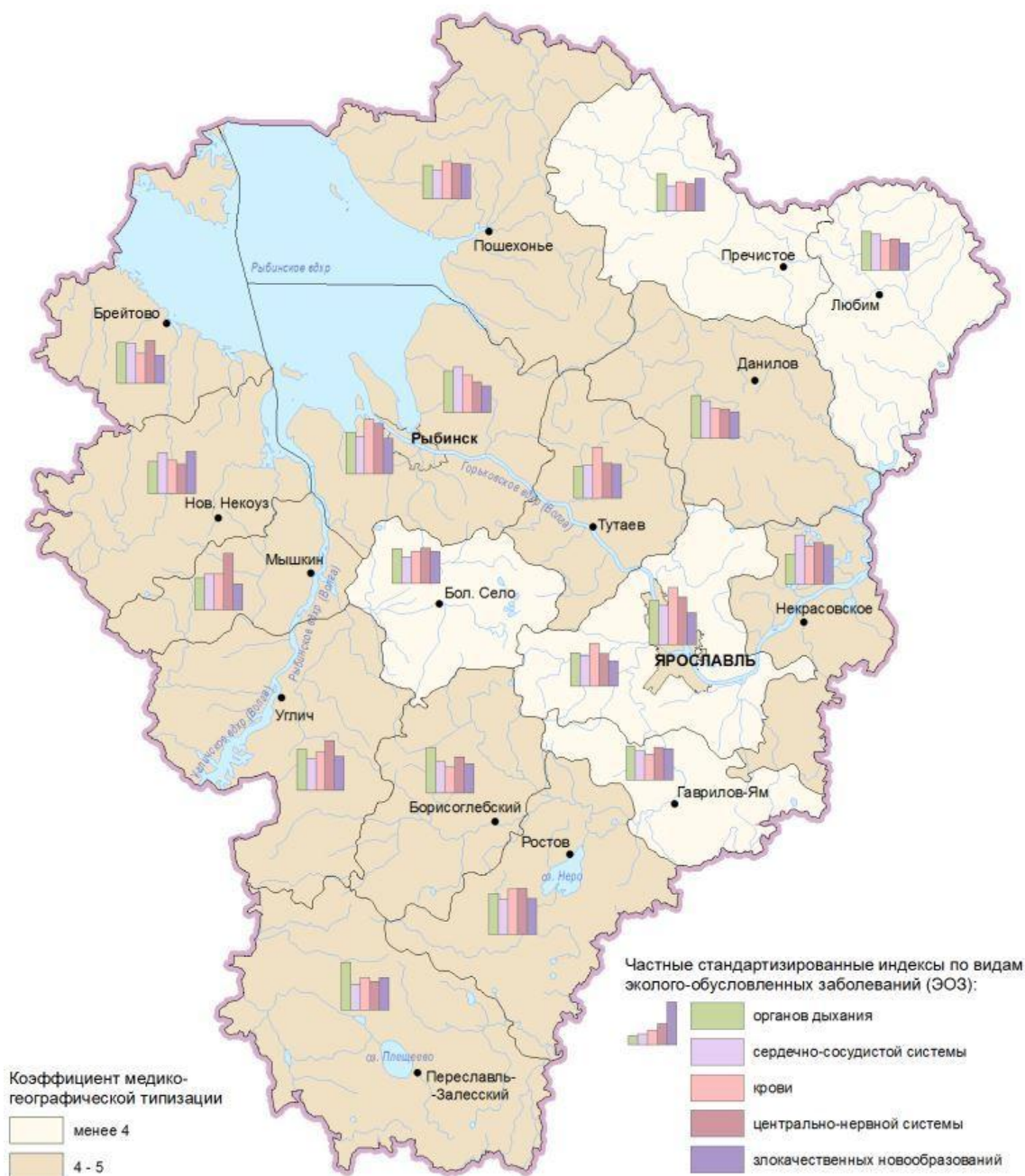


Рисунок 63 – Распределение коэффициента медико-географической типизации на территории Ярославской области, относительно здоровья детского населения и на основании оценки риска

Примечание: временной диапазон составляет 2002 – 2014 гг.

4.4.2. Латентные группы показателей медико-географической нагрузки на территории Ярославской области на основе кластеризации

Анализируемые показатели медико-географической нагрузки (частные стандартизированные индексы экологически обусловленной заболеваемости и коэффициенты медико-географической типизации), а также уровни загрязнения атмосферного воздуха имеют достаточно большие различия в значениях, для сравнения и объединения схожих показателей рассматриваемых муниципальных районов выполнена процедура иерархической кластеризации с использованием метода Варда (Ward's Method) с применением манхэттенского расстояния (Manhattan distance). Данный подход основан на том, что в качестве расстояния между кластерами берется прирост суммы квадратов расстояний объектов до центров кластеров, получаемый в результате их объединения. Для оценки расстояний между кластерами применяется дисперсионный анализ. Использование манхэттенского расстояния позволяет снизить влияние отдельных выбросов, т.к. координаты, по которым рассчитывается расстояние не возводятся в квадрат. Результаты иерархической кластеризации муниципальных районов Ярославской области по переменным из группы параметров медико-географической нагрузки включая частные стандартизированные индексы по каждому рассматриваемому экологически обусловленному заболеванию и коэффициенту медико-географической типизации представлены на рисунке 64 а, б. Как видно из данного рисунка дисперсия межкластерного пространства в рассматриваемых кластерах достаточна для того чтобы интерпретировать результаты иерархической кластеризации. В данном случае, на представленной модели выделяется порог межкластерных расстояний на уровне 6,9 ед., таким образом можно выделить 2 достаточно объемных кластера в которых наблюдается наименьшая дисперсия межкластерных расстояний. Данные два кластера объединяют муниципальные районы которые можно классифицировать как санозкосистемы с крайне высокой (кластер 1) и высокой (кластер 2) медико-географической нагрузкой. В первый кластер входят г. Ярославль, Тутаевский, Мышкинский и Переславский муниципальные районы. Во-второй кластер входят

г. Рыбинск, Первомайский, Рыбинский, Борисоглебский, Некрасовский, Некоузский, Угличский, Ярославский муниципальные районы. Отдельно следует рассмотреть кластер 3, порог межкластерных расстояний которого находится на уровне 5,5 ед., и характеризующийся в целом средним уровнем медико-географической нагрузки. В данном кластере можно отдельно рассмотреть два подкластера, что не совсем целесообразно делать из-за схожести рассматриваемых показателей, в связи с этим группу муниципальных районов рассматриваем как отдельный кластер. В третий кластер входят Большесельский, Гаврилов-Ямский, Ростовский, Любимский, Брейтовский, Даниловский и Пошехонский муниципальные районы. Формирование кластеров основано на схожести свойств рассматриваемых санозкосистем. Расчетные значения манхеттенского расстояния между центрами выделенных кластеров тем меньше, чем меньше различия в сравниваемых параметрах и больше схожести между ними.

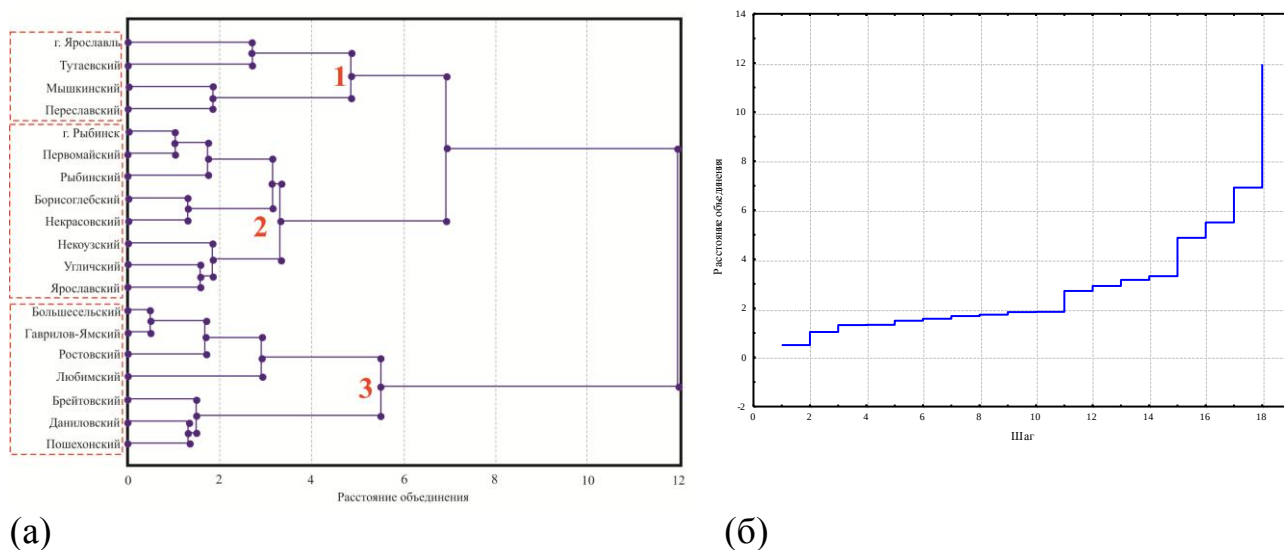


Рисунок 64 – Иерархическая кластеризация муниципальных районов Ярославской области по показателям медико-географической нагрузки среди взрослого населения, в виде дендрограммы (а) и пошагового изменения межкластерного расстояния (б)

С помощью однофакторного дисперсионного анализа, для сравнения средних значений между кластерами, использовался алгоритм к-средних Мак-Кина. Данные о дисперсии анализируемых переменных, рассматриваемых кластеров представлены в таблице 56, где рассмотрены суммы квадратов

дисперсий (SS) между и внутри кластеров, а также F-критерий Фишера с достигнутым уровнем значимости для каждой анализируемой переменной. Полученные данные показывают, что с увеличением F-критерия Фишера значительно уменьшается критический уровень значимости и в большей степени наблюдаются различия средних значений анализируемых переменных в трех кластерах.

Таблица 56 – Дисперсия переменных, формирующих кластеры муниципальных районов для взрослого населения Ярославской области

Переменные	SS между кластерами	df	SS внутри кластеров	df	F-критерий	Уровень значи- мости, р
Коэффициент типизации	4,135042	2	1,697133	17	20,71013	0,000028
Индекс Кровь	1,765910	2	1,191585	17	12,59686	0,000441
Индекс ЦНС	2,783367	2	2,632813	17	8,98606	0,002174
Индекс ССС	1,902730	2	1,843870	17	8,77134	0,002414
Индекс Рак	1,578709	2	2,798186	17	4,79562	0,022312
Индекс ОД	0,364961	2	1,865719	17	1,66272	0,219016

Примечание: SS – сумма квадратов, df – степень свободы

Наибольшее значение F-критерия Фишера и соответственно большая значимость различий средних значений наблюдается в отношении коэффициента типизации и частного индекса заболеваемости крови. Более близкими переменными являются частные индексы заболеваемости ЦНС и ССС. Минимальные значения F-критерия Фишера наблюдаются у частных индексов заболеваемости раком и органов дыхания, что говорит об их сходстве по средним значениям в кластерах. Для объективного анализа различий между переменными в трех кластерах рассмотрим график средних значений переменных, представленный на рисунке 65.

Наибольшее сходство средних значений по всем трем кластерам наблюдается у частного индекса заболеваемости органов дыхания, это подтверждает ведущее значение данной системы в формировании уровней заболеваемости взрослого населения, при этом наибольшие средние значения заметны в кластерах 1 и 3. По ряду кластеров определяются заметные различия

значений тех или иных переменных, так средние значения частного индекса заболеваемости ССС значительно выше и схожи в кластерах 1 и 3, чем в кластере 2. Иная картина наблюдается по значениям частного индекса заболеваемости крови в кластере 1, его значение снижено, напротив в кластерах 2 и 3 – более выражено. В отношении частного индекса заболеваемости ЦНС, то среднее значение в кластере 3 превалирует над кластерами 1 и 2, при этом в этих двух кластерах среднее значение имеет максимальную схожесть. Похожая картина в данных кластерах наблюдается в отношении средних значений частного индекса заболеваемости злокачественными новообразованиями, наибольшее значение наблюдается в кластере 3. По коэффициенту типизации все три кластера имеют хорошее разделение, при чем максимальное среднее значение определяется в кластере 3, что говорит о высоком уровне медико-географической нагрузки среди взрослого населения, а минимальное среднее значение и средний уровень нагрузки определяется в кластере 2.

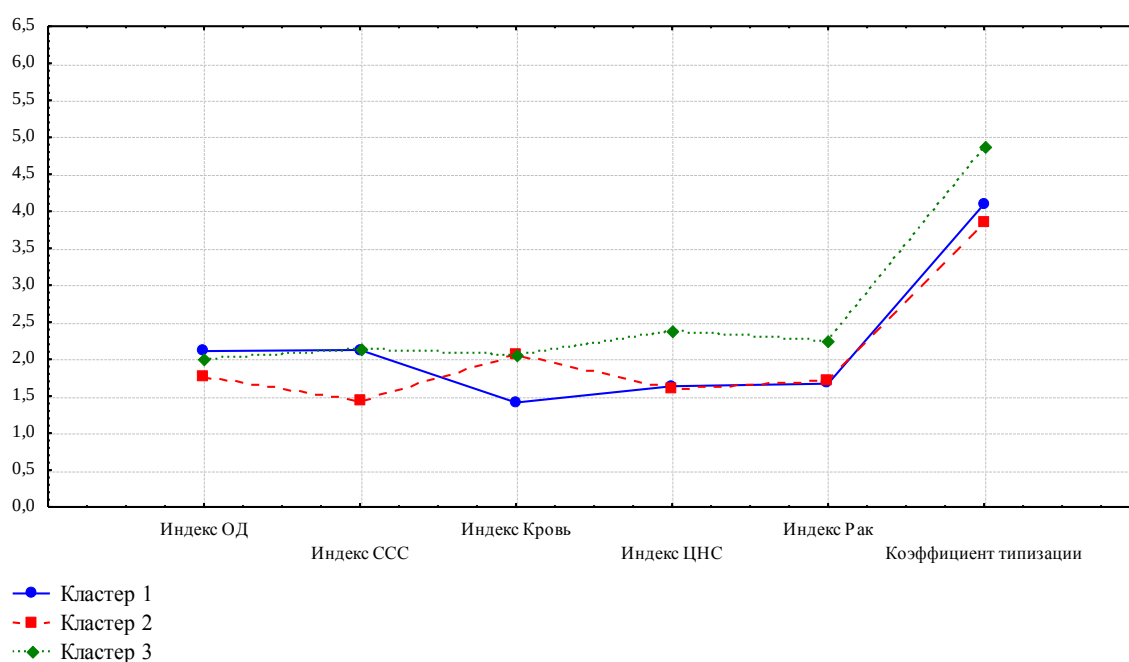
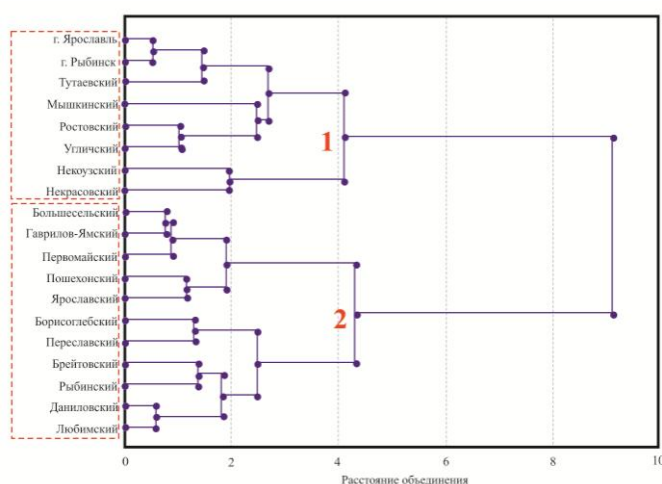


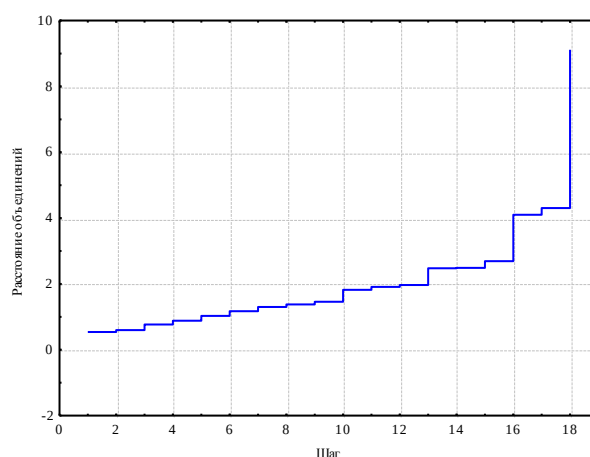
Рисунок 65 – Средние значения переменных для трех кластеров муниципальных районов Ярославской области по медико-географическим параметрам взрослого населения

Кластеризация муниципальных районов Ярославской области также была проведена по медико-географическим параметрам детского населения в возрасте

от 0 до 17 лет. На рисунке 66 а, б представлены результаты кластеризации наблюдений с представлением изменений межкластерных расстояний на каждом шаге объединения. В представленной модели выделяется два обширных кластера, с порогами межкластерных расстояний на уровне 4,1 ед. для первого кластера и на уровне 4,3 ед. для второго кластера с наименьшими дисперсиями межкластерного расстояния, что позволяет более точно интерпретировать результаты кластеризации.



(а)



(б)

Рисунок 66 – Иерархическая кластеризация муниципальных районов Ярославской области по показателям медико-географической нагрузки среди детского населения, в виде дендрограммы (а) и пошагового изменения межкластерного расстояния (б)

Как видно из полученных данных, в кластер 1 входят г. Ярославль, г. Рыбинск, Тутаевский, Мышкинский, Ростовский, Угличский, Некоузский, Некрасовский муниципальные районы. Данные саноэкосистемы характеризуются как территории с высоким уровнем медико-географической нагрузкой. Кластер 2 имеет большее количество районов и включает в себя Большесельский, Гаврилов-Ямский, Первомайский, Пошехонский, Ярославский, Борисоглебский, Переславский, Брейтовский, Рыбинский, Даниловский, Любимский муниципальные районы. Саноэкосистемы второго кластера имеют средние и выше среднего уровни медико-географической нагрузки. Данные о дисперсии анализируемых переменных, сгруппированных кластеров представлены в таблице 57.

Таблица 57 – Дисперсия переменных, формирующих кластеры муниципальных районов для детского населения Ярославской области

Переменные	SS между кластерами	df	SS внутри кластеров	df	F-критерий	Уровень значи- мости, р
Коэффициент типизации	1,405369	1	0,838210	17	28,50275	0,000054
Индекс ЦНС	1,707947	1	1,171263	17	24,78957	0,000115
Индекс Кровь	1,453249	1	1,224267	17	20,17962	0,000321
Индекс ОД	0,075402	1	1,079777	17	1,18712	0,291115
Индекс CCC	0,097901	1	1,677109	17	0,99237	0,333132
Индекс Рак	0,035150	1	0,867492	17	0,68883	0,418065

Примечание: SS – сумма квадратов, df – степень свободы

В данном случае наибольшие достоверные различия переменных в кластерах имеют коэффициент типизации, частные индексы заболеваний ЦНС и заболеваний крови. Наглядно мера близости переменных друг к другу и участие их в группировке кластеров представлена на рисунке 67.

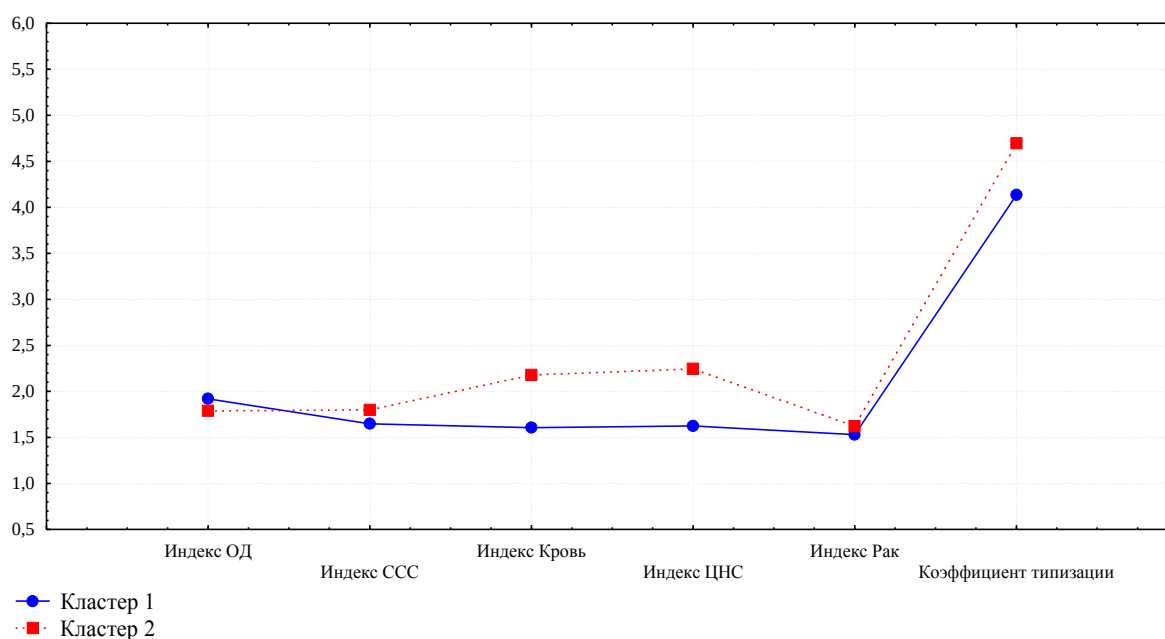


Рисунок 67 – Средние значения переменных для двух кластеров муниципальных районов Ярославской области по медико-географическим параметрам детского населения

Средние значения коэффициента типизации, частных индексов заболеваний ЦНС и заболеваний крови в кластере 1 значительно выше данных переменных в кластере 2, при этом частные индексы заболеваний ЦНС и заболеваний крови

имеют наибольшее различие. Частные индексы заболеваний органов дыхания, ССС и раковых заболеваний в двух кластерах имеют заметную близость средних значений, при чем среднее значение частного индекса заболеваний органов дыхания в первом кластере превалирует над вторым. В остальных случаях, в части болезней ССС и раковых заболеваний, лидирует второй кластер.

* * *

Таким образом, в процессе проведения исследований по оценке приоритетности и обоснования выбора сигнальных экологически обусловленных заболеваний, как наиболее надежных индикаторов состояния окружающей среды и медико-географической характеристики муниципальных районов Ярославской области, основанных на результатах оценки экспозиционной нагрузки и рисков здоровью населения, были получены данные, которые позволили выделить ряд критических органов и систем организма у экспонируемого населения, имеющие наибольшую вероятность развития токсических хронических эффектов при воздействии приоритетных и специфичных для Ярославской области загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Основываясь на полученные данные характеристики риска, критические эффекты могут наблюдаться в отношении органов дыхания, органов сердечно-сосудистой системы, нервной системы и крови. В связи с этим в качестве экологически обусловленных заболеваний у взрослого и детского населения предложено учитывать первичную заболеваемость органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, нервной системы, крови, а также первичную заболеваемость злокачественными новообразованиями, учитывая неприемлемые канцерогенные риски. Общая тенденция первичной заболеваемости среди взрослого и детского населения характеризуется постепенным спадом. На всем протяжении наблюдений за уровнями первичной заболеваемости среди взрослых и детей наибольшую эколого-гигиеническую значимость в Ярославской области приобрели болезни органов дыхания, они стоят на первом месте среди рассматриваемых болезней с экологической обусловленностью. Анализ уровней первичной заболеваемости по

сигнальным болезням среди взрослого и детей в возрасте от 0 до 17 лет показывают наибольшие уровни заболеваемости у детей, по сравнению с взрослым населением, по органам дыхания, крови и патологии центральной нервной системы. У взрослого населения преобладающими патологиями являются болезни органов дыхания, сердечно-сосудистой системы и злокачественные новообразования, при чем болезни органов дыхания имеют особое место в структуре заболеваемости, как у взрослого, так и у детского населения.

Анализ направленности связей между процессами формирования заболеваний в среде с высокой экологической нагрузкой показал в ряде случаев присутствие корреляционных зависимостей, которые подтверждают пульмонотоксическую направленность загрязнителей, а органы дыхания ведущим индикатором качества атмосферного воздуха. То же самое прослеживается в отношении демографических показателей, в частности численности населения, однако воздействие загрязненного воздуха следует характеризовать как опосредованное. Учитывая многофакторность формирования здоровья, средние корреляционные зависимости показывают значимость экологического фактора и его определенного места в массиве известных факторов риска здоровью. Определенную корреляционную активность проявляют индексные значения заболеваемости, отражающие медико-экологическую нагрузку на население, в частности взаимосвязи показали частные стандартизированные индексы заболеваемости органов дыхания, ЦНС, раком у взрослого населения и крови у детей, что показывает возможность их использования в интегральных оценках и географическом анализе медико-экологической напряженности территорий.

Географический анализ индикаторных экологически обусловленных заболеваний, как показателей качества окружающей среды, а также вероятных негативных эффектов воздействия разного рода факторов среды обитания не должен ограничиваться пространственным отображением тех или иных болезней на исследуемой территории. Изучение пространственных различий показывает

необходимость ранжирования территорий по степени благоприятности проживания или напротив выявления рискованных районов или рискованных саноекосистем, что позволит лучше воспринимать территории риска в рамках многокритериальных задач в управленческих процедурах минимизации риска и мониторинга остаточного риска. В результате проведенных исследований, комплекс экологически обусловленных заболеваний, обоснованных с помощью оценки риска здоровью, были объединены в единый ранговый коэффициент с применением подходов скалярного ранжирования, это позволило достаточно эффективно ранжировать территории по медико-географической нагрузке, и охарактеризовать локальные саноекосистемы. Географический анализ распределения рангового коэффициента медико-географической типизации, который характеризует уровень регионального здоровья взрослого и детского населения позволил определить наиболее уязвимые территориальные «горячие точки», что позволяет «адресно» применять управленческие механизмы с целью улучшения ситуации и прогнозирования возможных негативных последствий. Выполненные исследования позволили определить фоновый уровень медико-географической нагрузки, как для взрослого населения, так и для детей, который характеризуется крайне высоким уровнем. Распределение саноекосистем по уровню нагрузки среди взрослого населения показывает наиболее напряженную ситуацию в центральной, южной и юго-западных частях Ярославской области. К районам с нагрузкой выше фоновой относятся Переславский и Тутаевский районы, а также г. Ярославль. Высокие уровни нагрузки наблюдаются в центральной, северо-восточных частях области и частично в западной. т.е. в Мышкинском, Некрасовском, Первомайском и Рыбинском муниципальных районах. В остальных районах уровни медико-географической нагрузки характеризуются как средние и выше среднего. Другая картина наблюдается в отношении заболеваемости детского населения, формирующей области медико-географической нагрузки. Полученные данные показывают, что в основном уровни нагрузки характеризуются как средние, выше среднего и высокие.

Высокие уровни нагрузки, географически определяются в Некрасовском, Угличском, Ростовском муниципальных районах, а также в г. Ярославле и г. Рыбинске, т.е. захватывают центральную, восточную, юго-восточную и юго-западную части Ярославской области. В остальных направлениях нагрузки средние и выше средних.

В более глубоком рассмотрении данного вопроса для прогрессивной типизации Ярославской области был выполнен иерархический кластерный анализ с поиском латентных кластеров показателей медико-географической нагрузки. Для этих целей было использовано манхеттенское расстояние с применением метода Варда, при этом оценка расстояний между кластерами выполнялась с помощью алгоритма дисперсионного анализа по переменным из группы параметров медико-географической нагрузки включая частные стандартизированные индексы по каждому рассматриваемому экологически обусловленному заболеванию и коэффициенту медико-географической типизации. Расчет манхеттенского расстояния позволил избежать влияния отдельных выбросов, т.к. координаты, по которым рассчитывалось расстояние, не возводились в квадрат. В результате проведенного исследования было выделено 3 кластера по показателям нагрузки по взрослому населению, объединяющие муниципальные районы, классифицируемые как санозкосистемы с крайне высокой (кластер 1), высокой (кластер 2) и средней (кластер 3) медико-географической нагрузкой. В первый кластер входят г. Ярославль, Тутаевский, Мышкинский и Переславский муниципальные районы. Во-второй кластер входят г. Рыбинск, Первомайский, Рыбинский, Борисоглебский, Некрасовский, Некоузский, Угличский, Ярославский муниципальные районы. В третий – Большесельский, Гаврилов-Ямский, Ростовский, Любимский, Брейтовский, Даниловский и Пошехонский муниципальные районы.

Кластеризация санозкосистем Ярославской области по медико-географическим параметрам детского населения определила два обширных кластера характеризующиеся высоким, средним и выше среднего уровнями

нагрузки. В кластер 1 входят г. Ярославль, г. Рыбинск, Тутаевский, Мышкинский, Ростовский, Угличский, Некоузский, Некрасовский муниципальные районы, это типичные представители высокой медико-географической нагрузкой. В кластер 2 – Большесельский, Гаврилов-Ямский, Первомайский, Пошехонский, Ярославский, Борисоглебский, Переславский, Брейтовский, Рыбинский, Даниловский, Любимский муниципальные районы обладающие средним и выше среднего уровнями медико-географической нагрузки. С помощью однофакторного дисперсионного анализа, для сравнения средних значений между кластерами, использовался алгоритм k-средних Мак-Кина. Большее различие средних значений между кластерами по взрослому населению наблюдается в отношении коэффициента типизации и частного индекса заболеваемости крови взрослых. Более близкими переменными являются частные индексы заболеваемости ЦНС и ССС. Минимальные значения F-критерия Фишера наблюдаются у частных индексов заболеваемости раком и органов дыхания, что говорит об их сходстве по средним значениям в кластерах. Данные о дисперсии анализируемых переменных, сгруппированных кластеров по медико-географическим показателям детского населения показывают, что наибольшие различия переменных в кластерах имеют коэффициент типизации, частные индексы заболеваний ЦНС и заболеваний крови.

В целом, медико-географическое районирование или в данном случае изучение географических особенностей медико-экологической нагрузки на рассматриваемой территории показало объективность интегрального подхода, где уровни приоритетной заболеваемости рассматривались не в традиционных величинах уровней первичной заболеваемости, а в виде индексной оценки и коэффициентов типизации. Результаты данного подхода позволяют лучше воспринимать территории риска в рамках многокритериальных задач в управленческих процедурах. Применение принципов определения приоритетности как загрязнителей среды обитания, так и индикаторных болезней, направленных на разработку и проведение природоохранных и профилактический

мероприятий показывает целесообразность применения концепции оценки риска здоровью населения. При этом ведущая роль принадлежит эколого-географическим исследованиям, от результатов которых зависит адекватность выводов полученных результатов математического моделирования экспозиции на территориях с различными географическими и климатическими условиями. Используемые оценочные критерии дают возможность развития системы мониторинга риска и соответственно мониторинга пространства риска здоровью населения, контролировать динамику рискогенности городов и регионов как старого, так и нового освоения. Географический анализ, построенный на концепции оценки риска здоровью населения важен не только для оценки результативности санитарно-эпидемиологических и природоохранных служб, он приобретает особое значение для оценки национального богатства, как одной из главных составляющих устойчивого развития Российской Федерации.

4.5. Предложения по организации региональной системы мониторинга рисков здоровью

Как показывают результаты выполненных исследований, представленных в предыдущих разделах диссертационной работы, методологические подходы оценки риска здоровью населения не ограничиваются только оценочными возможностями данной процедуры, они показывают широкий спектр научных продуктов важной составляющей которых является управленческая компонента. В первую очередь наиболее перспективным направлением данных исследований является изучение пространства риска здоровью населения и его динамики, то есть его географических особенностей, что особенно значимо в периоды нового этапа модернизации и перехода к «зеленой» экономике. Это позволит реализовать геоэкологический подход в принятии обоснованных решений по территориальному развитию староосвоенных регионов. Данные вопросы достаточно сложны и требуют разностороннего рассмотрения. Одним из ключевых направлений в решении вопросов по территориальному развитию, учитывая при этом здоровье населения и качество среды обитания, является

изучение и включение в анализ надежных индикаторов и процедур многолетних наблюдений за индикаторами, позволяющими следить за состоянием и оценивать качество окружающей среды и здоровье населения, с возможностью прогнозной оценки. В Российской Федерации основной системой мониторинга охватывающей обе проблемы, проблемы качества среды обитания и охраны здоровья населения, являются системы государственного экологического и социально-гигиенического мониторинга. Обе системы представляют собой государственные системы наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния окружающей среды и здоровья населения, рассматриваемые с позиции многофакторного негативного воздействия на среду обитания и здоровье населения. Согласно Руководства Р 2.1.10.1920-04, «применение методологии оценки риска здоровью в качестве инструмента санитарно-эпидемиологической экспертизы и обоснования эффективных управленческих решений, а так же ведения СГМ позволяет...» «...осуществлять отбор прямых и косвенных индикаторов уровней экспозиции, состояния здоровья и рисков для целей социально-гигиенического мониторинга, в том числе мониторинга экспозиций и рисков». По мнению Кузьмина С.В., Гурвича В.Б., Диконской О.В., Малых О.Л., и др. (2013), для теории риска характерен системный подход, позволяющий количественно обосновать оптимальное распределение материальных и иных ресурсов на различные виды деятельности связанной с санитарной безопасностью, а управление риском, является «...одной из наиболее результативных и эффективных методологий в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на уровне субъекта Российской Федерации, муниципального образования и субъектов хозяйствования» (Социально-гигиенический мониторинг..., 2013), что, в конечном счете, характеризует основные положения социально-гигиенического мониторинга.

В настоящее время оценка риска стала внедряться только в практику социально-гигиенического мониторинга, однако, уровень внедрения результатов оценки риска в регионах Российской Федерации крайне низкий. В первую

очередь это связано с пробелами в части методологии (совершенствование имеющегося в стране программного обеспечения в направлении учета трансформирующих факторов свободной атмосферы; новые подходы к организации мониторинга состояния атмосферного воздуха; углубление исследований в части гигиенических нормативов) и действующего законодательства (вопросы нормативно-правового обоснования деятельности по управлению рисками здоровью населения; по организации и управлению территориями СЗЗ промышленных узлов и др.). Другим немало важным фактором ограничения активного внедрения оценки риска, является малое количество специализированных организаций выполняющих данные исследования. Важно отметить, что право на выполнение исследований по оценке риска имеют только организации (органы по оценке риска) которые сертифицированы и внесены в реестр системы добровольной сертификации органов по оценке риска, обеспечивающей доверие к организациям, выполняющих гигиенические исследования по оценке риска, признающей их компетентность, независимость и высокий уровень исследовательских работ. По состоянию на 2016 г. в Российской Федерации сертифицировано всего лишь 30 органов по оценке риска, включая Ярославскую область, где имеется единственный Центр (орган) по оценке риска здоровью населения, осуществляющий свою деятельность на базе Научно-исследовательского проектного института «Кадастр». Такое малое количество организаций не способно обеспечить широкое использование и внедрение результатов оценки риска в мониторинговые процедуры, в том более, что методологически, вопросы мониторинга рисков здоровью, как отдельной процедуры, в настоящее время не рассматривались и это требует активной научной проработки. Как показывает практика Управления Роспотребнадзора по г. Москве, внедрение процедуры оценки риска в систему социально-гигиенического мониторинга (СГМ) сталкивается с основной проблемой – несовершенством построения системы СГМ, в частности отсутствие информационной платформы, отсутствие полноценного этапа идентификации

опасности, что ведет к неверному выбору приоритетных индикаторных показателей для исследований, выбору точек контроля и постов наблюдения, что ведет к серьезным упущениям по установлению причинно-следственных связей объекта надзора (Андреева, Иваненко, Силивестров, Судакова, 2016). Мониторинг риска здоровью населения должен составлять важнейшее научно-практическое направление в сложившейся системах государственного экологического и социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации.

Важно отметить, что актуальность данного вопроса продиктована целями, принципами и приоритетными направлениями государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности, в частности к одному из приоритетных направлений государственной политики относятся «...выявление, анализ, прогнозирование, внедрение единых критериев оценки и ранжирования рисков, связанных с негативным воздействием химических и биологических факторов (далее – мониторинг химических и биологических рисков)...», а к одной из приоритетных задач государственной политики является «...проведение на территории Российской Федерации мониторинга химических и биологических рисков», а также «...научное, информационно-аналитическое и методическое обеспечение оценки рисков для населения и окружающей среды, связанных с негативным воздействием химических и биологических факторов, а также страхование рисков, связанных с эксплуатацией объектов и использованием территорий, представляющих химическую и биологическую опасность...»).

В данном диссертационном исследовании рассматриваются основные методологические подходы к организации региональной системы мониторинга рисков здоровью, как одного из элементов управления риском. Предлагаемая модель системы мониторинга риска основывается на базовой схеме оценки риска здоровью населения, включая эколого-географические и медико-географические компоненты исследований.

Согласно Руководству Р. 2.1.10.1920–04, определение мониторинга экспозиции и рисков звучит следующим образом: «...один из компонентов управления риском – процесс, заключающийся в принятии решений и действиях по динамическому или периодическому контролю уровней экспозиции и рисков». Опираясь на результаты наших исследований и зарубежные источники, предлагаем модификацию данного определения: *«Система мониторинга рисков здоровью – система динамического наблюдения, анализа и оценки параметров экспозиционной нагрузки и вероятности развития неблагоприятных эффектов на здоровье населения, включая наиболее чувствительные группы, при воздействии одного или нескольких факторов окружающей среды в определенный промежуток времени».*

Мониторинг следует рассматривать как аналитический инструмент, с помощью которого изучается состояние компонентов окружающей среды (Environmental Monitoring Strategy..., 2004; Hai-Ying Liu, A. Bartonova, M. Pascal, R. Smolders, E. Skjetne, M. Dusinska, 2012). Общая цель мониторинга рисков здоровью состоит в (1) получении научно обоснованной информации о текущем положении и долгосрочных тенденциях качества среды обитания, причинно-следственных связей между эколого-географическими, социально-экономическими факторами и здоровьем населения – ведущего индикатора качества среды обитания, (2) определении того, насколько адекватны и достаточны текущие методы управления риском здоровью направленные на улучшение санитарно-эпидемиологических, экологических и социально-экономических условий. При этом эколого-географической составляющей наблюдений отводится лидирующее место, как одной из ключевых компонент оценки экспозиции и географического пространства риска.

Для формирования эффективной системы мониторинга риска здоровью населения требуется четкое представление о целях и задачах исследования.

При определении целей и задач мониторингового процесса необходимо учитывать три ключевых фактора: (1) анализ основных пользователей и сфер

применения данных мониторинга риска здоровью населения; (2) ограниченность средств для осуществления мониторинга риска и необходимость информационного обмена в рамках партнерских отношений с другими программами и агентствами; (3) большое разнообразие данных, обусловленное значительным количеством источников загрязнения окружающей среды, характеристик воздействующих сред и рецепторов (объектов мониторинга), а также разнообразием их специфики.

В основе подходов к организации региональной системы мониторинга риска здоровью населения лежат (1) научное обеспечение деятельности всех участников системы мониторинга, ориентированной на решение государственных задач в интересах устойчивого развития региона, обеспечения экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности и (2) оказание системой услуг исследователям в проведении научных работ и мониторинговых наблюдений как фундаментального, так и прикладного характера с обеспечением безопасности предоставления услуг и возможностью формирования потока дохода, направленного на содержание всей системы мониторинга.

Предложенные подходы по организации региональной системы мониторинга риска здоровью населения включают в себя 7 основных этапов рабочего процесса мониторинга (рисунок 68).

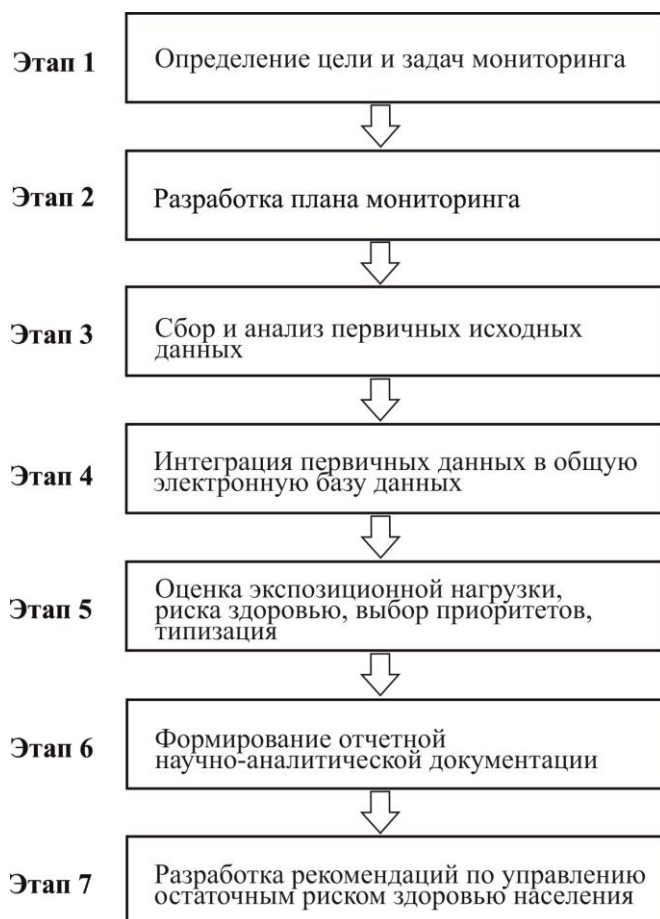


Рисунок 68 – Основные этапы рабочего процесса мониторинга риска здоровью населения

Первый этап является ключевым элементом всего процесса мониторинга, так как позволяет определить весь ход предстоящей работы, сориентировать на конечный результат и сформулировать вопросы, ответы на которые будут получены на последующих этапах работ.

Второй этап подразумевает организацию процесса мониторинга, где разрабатывается наиболее оптимальная структурно-функциональная модель работы соответствующая целям и задачам исследования. В процессе планирования возникает необходимость научного обоснования методологических подходов к реализации работ по мониторингу, а также предусматривать возможные факторы неопределенностей которые могут в дальнейшем влиять на конечный результат мониторинга. В обобщенном варианте программа мониторинга риска здоровью населения включает в себя четыре основных элемента: (а) перечень объектов и источников загрязнения окружающей среды,

состояние физической среды; (б) перечень исследуемых показателей, систему признаков, которые позволяют выполнить динамическую оценку состояния окружающей среды и здоровья населения; (в) периодичность мониторинга и (г) территориальный охват.

На третьем этапе выполняется сбор и анализ первичных данных об источниках загрязнения окружающей среды, качественном и количественном составе выбросов от объектов загрязнения, рассматриваются пространственные и временные характеристики выбросов, составляется максимально полный перечень химических токсикантов. На данном этапе выполняется экспертиза первичных данных с целью оценки их полноты, достоверности и применимости к мониторингу, а также ратификации данных.

Четвертый этап заключается в том, что все ратифицированные данные об источниках, составе и условиях загрязнения на исследуемой территории группируются, систематизируются с формированием электронной базы данных. В практическом виде, база данных представляет собой итоговые таблицы, формат которых рекомендуется принимать согласно Руководства Р 2.1.10.1920-04.

На пятом этапе выполняется непосредственно процедура оценки риска здоровью населения в сокращенной (скрининговой) или полной (базовой) схемам, выбор схемы зависит от поставленных целей на первом этапе работ. Методология, содержание и особенности проведения исследования по базовой схеме продиктованы положениями Руководства Р 2.1.10.1920-04, а также Методических рекомендаций ЦОС 001-13, которыми предусмотрены этапное выполнение работ (идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка зависимости «доза-ответ», характеристика риска) на каждом из этапов оценки риска выполняется анализ факторов неопределенностей. Сокращенная (скрининговая) оценка подразумевает какой-либо один или несколько этапов оценки риска. В данном случае применим этап идентификации опасности и при необходимости для повышения качества как дополнение к нему целесообразно подключить оценку экспозиции.

На шестом этапе, на основании полученных результатов исследований по оценке риска здоровью формируется научно-аналитический отчет. В отчете необходимо отражать следующие общие сведения: (1) характеристику природно-климатических условий и результаты эколого-географического анализа, (2) результаты определения качественных и количественных характеристик риска здоровью и экспозиционной нагрузки на потенциально экспонируемое население за определенный временной период, (3) обобщение результатов исследования, анализ его качества, предложения по совершенствованию работ по сбору данных (учетных работ).

Седьмой этап является логическим продолжением процедуры мониторинга риска здоровью и направлен на обоснование оптимальных решений по минимизации риска здоровью и контролю за уровнями остаточного риска. На данном этапе выполняется сравнительная оценка уровней риска и их ранжирование, выполняется обоснование выбора и оценка приоритетности экологически обусловленных заболеваний для исследуемой территории, оценка медико-географической нагрузки на территории, а также выполняется типизация муниципальных районов. При этом основой седьмого этапа является комплекс социально-экономических оценок вероятных ущербов здоровью и окружающей среде, возможных затрат на реализацию различных управленческих решений по минимизации риска и оценки эффективности природоохранных мероприятий. Исходя из рассмотренных этапов рабочего процесса мониторинга риска здоровью населения, нами предложена структурно-функциональная схема мониторинга риска, представленная на рисунке 69.

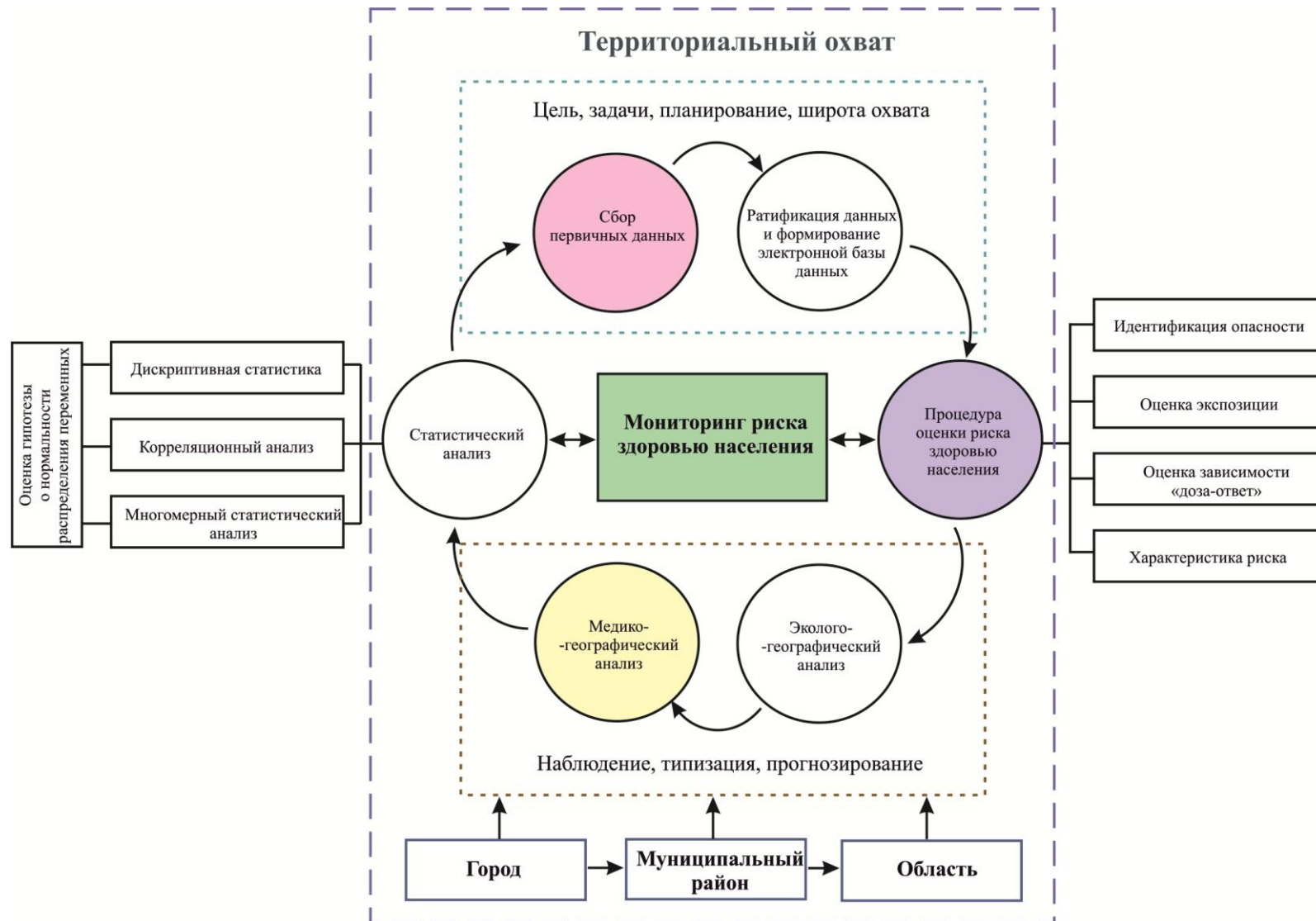


Рисунок 69 – Структурно-функциональная схема мониторинга риска здоровью населения

Как видно из данного рисунка, структурно-функциональная схема мониторинга риска здоровью представляет собой достаточно динамичную систему с включением обратных связей между основными её элементами. Здесь выделяются две функциональные области рабочего процесса мониторинга. Первая область в большей степени теоретическая, содержит цели и задачи мониторингового исследования, планирование работ, а также определение широты охвата области исследования. Вторая область имеет прикладной характер, включающая в себя непосредственно мониторинговые процедуры (наблюдение, типизацию и географический анализ ситуации), важное значение имеет прогнозирование, как ключевой, опережающий элемент в управлении риском здоровью.

Общий вид процесса мониторинга риска имеет циклический характер, с чередованием рабочих этапов в строгой последовательности. Начало работ, как это было рассмотрено выше, связано со сбором первичных данных, которые должны обладать определенной достоверностью, максимальной полнотой и минимальным количеством неопределенностей. В качестве исходных данных используются результаты инвентаризации выбросов загрязняющих веществ, действующие проекты предельно-допустимых выбросов (ПДВ) предприятий, включая сводные тома ПДВ, разрешения на выброс, проекты обоснования расчетной санитарно-защитной зоны предприятий, справки 2-ТП воздух за последние 3 года, подробная технологическая информация рассматриваемых предприятий, качественный и количественный состав выбросов, фоновые среднегодовые концентрации загрязняющих веществ (в мг/м^3), данные натурных исследований, подробный картографический материал с указанием расположения предприятий, производственных участков, источников загрязнения атмосферного воздуха, жилой застройки, расположения стационарных постов наблюдений на качеством атмосферного воздуха, кроме этого требуется официально предоставленная информация о численности взрослого и детского населения в городе в целом, а также в жилых зонах располагающихся в непосредственной

близости к исследуемым промышленным объектам, для медико-географического анализа требуются официально предоставленные медико-статистические данные не менее чем за 5 летний период наблюдений, при этом наиболее важными показателями следует считать первичную заболеваемость взрослого и детского населения. В первую очередь источниками такой информации являются специализированные формы № 12-у и № 32-у лечебных учреждений за последние 5 лет наблюдений, включая поликлинические участки обслуживающие жилые дома попадающие в зону влияния или находящиеся в непосредственной близости к рассматриваемым предприятиям, а также данные медицинской статистики Медицинских информационно-аналитических центров (МИАЦ). Как видно перечень исходных данных достаточно широкий и массивный, однако в процессе оценки риска перечень исходных данных может корректироваться и дополняться, что отражается в следующем этапе. Проанализированные данные ратифицируются и заносятся в специализированные электронные базы данных. Форматы электронных баз данных следует выбирать таким образом, чтобы они могли удобно экспортироваться в любые программные комплексы. После формирования электронной базы данных выполняется процедура оценки риска по общепринятым этапам, описанным в предыдущих разделах диссертационной работы. В дальнейшем, прорабатываются и рассматриваются вопросы эколого-географического характера, при этом анализируется состояние качества среды обитания, фоновый уровень загрязнения атмосферного воздуха, климатические и метеорологические условия, выполняется сравнительный анализ фоновых концентраций и уровней экспозиционной нагрузки. Используя данные медицинской статистики и учитывая результаты характеристики канцерогенных и неканцерогенных рисков выполняется оценка приоритетности первичной заболеваемости взрослого и детского населения с целью обоснования выбора экологически обусловленных болезней. На данном этапе активно внедряются геоинформационные технологии с целью географического представления полученной информации и типизации города или муниципальных районов

области по рассматриваемым показателям качества среды обитания и здоровья населения. Завершением аналитического процесса мониторинга риска здоровью населения является статистический анализ всего массива данных полученных в ходе исследования. В данном случае очень важно определиться с адекватным выбором статистических показателей, как в дискриптивной статистике, так и при анализе возможных связей между рассматриваемыми переменными. Не мало важную роль в типизации территории и правильной интерпретации формирующих зоны риска играет многомерный статистический анализ. Наиболее зарекомендованным в эколого-географических и гигиенических исследованиях является кластерный анализ и метод k -средних, особенности использования которых изложены в главе 2 данной диссертационной работы.

В предложенной структурно-функциональной схеме можно заметить, что два элемента в процессе мониторинга имеют обратные связи, методы оценки риска здоровью населения и статистический анализ всегда должны находиться в достаточном равновесии и дополнять друг друга новыми научными данными. Весь процесс мониторинга имеет специфику территориального охвата, т.е. предложенный путь мониторинга выполним на различных территориальных структурах (город, муниципальный район, область), выбор которых зависит от поставленной цели в начале мониторингового процесса.

Таким образом, предложенные подходы к организации региональной системы мониторинга риска здоровью населения позволили рассмотреть основные этапы мониторингового процесса, структурировать и описать функциональную составляющую работ. Структура мониторинга циклична и имеет четкую последовательность действий, при этом общая структура имеет функциональное разграничение. Все элементы процесса мониторинга риска обязательны, т.к. потеря какого-либо одного элемента приведет к разбалансировке всей системы и потере информационной ценности итогового научного продукта. Мониторинг риска здоровью, по сути является логическим продолжением этапа управления риском, основной задачей которого является обоснование наилучших

управленческих решений по минимизации, а также контролю за остаточным риском здоровью. Основными функциями мониторинга риска следует считать контрольную, сигнальную и прогнозную. Контрольная функция подразумевает контроль за экспозиционной и рисковой нагрузками на исследуемой территории, контроль эффективности внедрения управленческих мероприятий по минимизации риска. Сигнальная функция направлена на информирование о текущем состоянии объекта исследования и как средство быстрого реагирования на возникающую угрозу. Прогнозная функция мониторинга связана с возможностью представлять возможную рисковую ситуацию в перспективе. Мониторинговый процесс показывает возможность создания научно обоснованной базы для разработки оптимальной стратегической программы для реализации намеченных целей и планирования мероприятий по управлению риском и созданию благоприятных условий существования человека.

Выводы

1. Выполнена оценка приоритетности загрязняющих веществ с помощью оценки риска здоровью населения с учетом промышленной специфики староосвоенного региона (на примере Ярославской области). Это позволило разработать новый подход к формированию регионального перечня значимых загрязнителей атмосферного воздуха. При этом доказана неэффективность подхода к выбору приоритетных загрязнителей, ориентируемого на условную экспозицию (валовый выброс). В этом случае выпадают из-под контроля загрязнители с малым выбросом, но с большим потенциалом опасности и риска здоровью, что создает ложное восприятие значимости источников загрязнения и ошибочного принятия решений в части выбора контролируемых веществ. Всего проанализировано 271 химических токсикантов выбрасываемых промышленными предприятиями и автотранспортом, при этом основная часть веществ приходится на 2, 3 классы опасности (18 % и 26 % соответственно) и 8 % – 1 класса опасности. В региональный перечень приоритетных загрязнителей включены 10 неканцерогенов и 8 канцерогенов с наибольшим вкладом в ранговые показатели экспозиционной и рискованной нагрузки. Максимальный вклад в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности вносят сера диоксид, вклад которой составляет 37 %, ванадия пятиокись со вкладом – 34 %, азота диоксид – 7,4 %. Существенный вклад в суммарный индекс канцерогенной опасности вносят бензол – 44,4 %; сажа – 15,5 % и 1,3-бутадиен – 12,1 %. Оценка среднегодовой экспозиции показала значимые неканцерогены формирующими экспозиционную нагрузку, к ним относят: серу диоксид, азота диоксид, пыль неорганическую: SiO_2 70–20 %, азота оксид. Основными загрязнителями формирующими канцерогенную экспозиционную нагрузку, являются бензин нефтяной, бензол, а также углерод черный (сажа). Основными вкладчиками в неканцерогенный риск по коэффициенту опасности (HQ), на уровне 98,8 %, являются: диметиламин – 52,4 % (HQ – 0,149), акролеин – 31,3 % (HQ – 0,089), пыль металлическая – 2,8 % (HQ – 0,008), сера диоксид – 2,1 % (HQ – 0,006), а также марганец и его

соединения – 1,7 % (НҚ – 0,005). Максимальные величины индексов опасности (НІ) составили 0,284 ед. по *органам дыхания* и 0,151 ед. – по *центральной нервной, сердечно-сосудистой системам и крови*, что в целом, не превышают приемлемые уровни. Основными вкладчиками в суммарный ICR, на уровне 99,6 %, являются пыль асбестосодержащая – 37,11 %, хрома(VI)оксид – 33,47 %, бензин нефтяной – 15,52 %, бензол – 9,82 %, углерод черный (сажа) – 3,64 %. Суммарный ICR равен $8,25 \times 10^{-4}$ (третий диапазон), что является неприемлемым для всего населения.

2. Выявлено, что современные региональные системы мониторинга качества окружающей среды не позволяют аргументировано охарактеризовать возможные негативные эффекты воздействия факторов среды обитания на здоровье населения. В первую очередь это связано с использованием обобщенных характеристик выбросов загрязнителей, недоучетом токсикологических свойств загрязнителей при хроническом или остром воздействии, технологических процессов и эколого-географических особенностей урбанизированных территорий. Выполненные исследования показывают необходимость обоснования регионального перечня загрязнителей среды обитания, выбора точек контроля и мониторинга, ориентируясь на географический анализ отраслевой структуры староосвоенного региона, зон сравнения среднегодовой экспозиции и рисков здоровью при хроническом воздействии. Оптимизация системы мониторинга качества окружающей среды с ориентацией на риски здоровью позволит более точно и полно установить на качественном уровне весомости доказательств формирования экологически обусловленных негативных эффектов у населения, включая наиболее чувствительные группы, а также увеличить эффективность природоохранного регулирования.

3. Предложены приоритетные индикаторные экологически обусловленные заболевания на основе количественной характеристики риска здоровью населения и впервые предложена структурно-функциональная схема мониторинга риска здоровью населения. Предложенные подходы к выбору

индикаторных болезней основаны на критических органах и системах («органах-мишенях») определенных с помощью максимальных величин HQ и HI , направленности токсического действия загрязнителей, а также показателей канцерогенного риска. В качестве индикаторных экологически обусловленных заболеваний, как у взрослого, так и детского населения предложены первичная заболеваемость органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, нервной системы, крови, а также первичная заболеваемость злокачественными новообразованиями. Используя полученные данные для дальнейшего медико-географического анализа были предложены частные стандартизированные индексы заболеваемости и коэффициент медико-географической типизации. Процедура типизации территории староосвоенного региона позволила классифицировать муниципальные районы исследуемой территории по заболеваемости и коэффициентам типизации. В первом случае (взрослые) выделено 3 кластера, классифицируемые как санозкосистемы с крайне высокой (кластер 1), высокой (кластер 2) и средней (кластер 3) медико-географической нагрузкой. В первый кластер входят г. Ярославль, Тутаевский, Мышкинский и Переславский муниципальные районы. Во второй кластер – г. Рыбинск, Первомайский, Рыбинский, Борисоглебский, Некрасовский, Некоузский, Угличский, Ярославский муниципальные районы. В третий – Большесельский, Гаврилов-Ямский, Ростовский, Любимский, Брейтовский, Даниловский и Пошехонский муниципальные районы. Во втором случае (дети) – два обширных кластера с высоким и средним уровнями нагрузки. В кластер 1 входят г. Ярославль, г. Рыбинск, Тутаевский, Мышкинский, Ростовский, Угличский, Некоузский, Некрасовский муниципальные районы, это типичные представители высокой медико-географической нагрузкой. В кластер 2 – Большесельский, Гаврилов-Ямский, Первомайский, Пошехонский, Ярославский, Борисоглебский, Переславский, Брейтовский, Рыбинский, Даниловский, Любимский муниципальные районы обладающие средним и выше среднего уровнями медико-географической нагрузки.

4. Разработана и апробирована модель медико-географической нагрузки на территории староосвоенного региона (на примере Ярославской области) с использованием риск-ориентированных подходов оценки и анализа ситуации. Её использование дает возможность существенно повысить качество управления на региональном и локальном уровнях территориальной организации. Предложенный механизм оценки приоритетности позволяет ранжировать, как объекты негативного воздействия для лиц, принимающих решения по регулированию качества окружающей среды, так и проблемные территории, с целью дальнейшей идентификации различных вариаций экономически эффективных стратегий минимизации риска. Показано, что прикладной характер оценки риска здоровью, с позиции эколого-географических аналитических возможностей выражается в эвентуальности к дифференцированному территориальному анализу пространства рисков, при настоятельной потребности определения типов рискогенного пространства и его динамических характеристик.

Список литературы

1. Авалиани, С.Л. О гармонизации подходов к управлению качеством атмосферного воздуха / С.Л. Авалиани, А.Л. Мишина // Здоровье населения и среда обитания. – 2011. – № 3 (216). – С. 44-48.
2. Авалиани, С.Л. Перспективные направления развития методологии анализа риска в России / С.Л. Авалиани, Л.Е. Безпалько, Т.Е. Бобкова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – № 1. – С. 33-35.
3. Авалиани, С.Л. Проблемы гармонизации нормативов атмосферных загрязнений и пути их решения / С.Л. Авалиани, С.М. Новиков, Т.А. Шашина [и др.] // Гигиена и санитария. – 2012. – № 5. – С. 75-78.
4. Авцын, А.П. Введение в географическую патологию / А.П. Авцын. – М., 1972.
5. Аистова, А.В. Инвазионные растения – источник поллиноза на российском дальнем востоке / А.В. Аистова // Turczaninowia. – 2010. – № 13 (4). – С. 45-48.
6. Актуальные проблемы в системе государственного регулирования химической безопасности / С.М. Новиков, Т.А. Шашина, Х.Х. Хамидулина [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – № 4 – С. 19-24.
7. Актуальные проблемы совершенствования оценки риска здоровью населения для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия / Е.Н. Беляев, М.В. Фокин, С.М. Новиков [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – №5. – С. 53-55.
8. Алисов, Б.П. Географические типы климатов / Б.П. Алисов // Метеорология и гидрология. – 1936. – № 6.
9. Алисов, Б.П. Климат СССР / Б.П. Алисов. – М.: Изд-во МГУ, 1956. – 128 с.
10. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития / под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – М.; Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 738 с.
11. Баева, И.В. Гигиеническая оценка табачного предприятия г. Ярославля как источника загрязнения атмосферного воздуха: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 / Баева Ирина Витальевна. – М., 2007.
12. Бек, У. Общество риска. На пути к другому модерну / У. Бек. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 384 с.
13. Бек, У. От индустриального общества к обществу риска / У. Бек // THESIS. – 1994. – Вып. 5. – С. 161-168.
14. Бек, У. Что такое глобализация? / У. Бек; пер. с нем. А. Григорьева, В. Седелника. – М.: Прогресс-Традиция, 2001. – 304 с.

15. Близоруков, М.Г. Статистические методы анализа рынка: учебно-метод. пособие / М.Г. Близоруков. – Екатеринбург: Ин-т управления и предпринимательства Урал. гос. ун-та, 2008. – 75 с.
16. Бобкова, Т.Е. Зонирование территории перспективной застройки с применением методологии оценки риска здоровью населения / Т.Е. Бобкова // Гигиена и санитария. – 2009. – № 6 – С. 38-40.
17. Бобкова, Т.Е. Концепция зонирования территории населенных мест на основе анализа риска здоровью населения: автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.02.01 / Бобкова Татьяна Ефимовна. – М., 2011. – 49 с.
18. Богачев, В.К. Флора Ярославского Поволжья и ее генезис / В.К. Богачев // Растительный покров Ярославского и Костромского Поволжья, его генезис и преобразование. – Ярославль, 1968. – С. 3-191.
19. Борисова, М.А. Флора транспортных путей Ярославской области [Текст]: автореф. дис... канд. биол. наук / Борисова Марина Анатольевна. – Саранск, 2002. – 18 с.
20. Будущее, которое мы хотим: интервью с председателем правления Института «Кадастр», докт. геогр. наук, проф., академиком РАЕН Г.А. Фоменко // Прайм-сфера. – 2013. – Сентябрь-октябрь. – С. 8-10.
21. Будущее, которого мы хотим: Итоговый документ Конференции ООН по устойчивому развитию «РИО+20». Рио-де-Жанейро, Бразилия, 20-22 июня 2012 года. – URL: <http://www.un.org/ru/sustainablefuture>.
22. Верещагин, А.И. Использование методологии оценки риска для здоровья населения в практической деятельности органов и организаций Роспотребнадзора / А.И. Верещагин, В.И. Зайцев, М.В. Фокин // Гигиена и санитария. – 2007. – № 5. – С. 70-72.
23. Габрук, Н.Г. Оценка риска от пылевых аллергенов населению Белгородской области / Н.Г. Габрук, Л.А. Дейнека, Н.А. Лабунская // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 3 – С. 101-102.
24. Гайденко, П.П. Научная рациональность и философский разум / П.П. Гайденко. – М., 2003. – 523 с.
25. Генриэтта Алексеевна Приваловская. Природные ресурсы в экономике страны: Избранные труды / Ред.-сост. Г.А. Фоменко, Т.Г. Рунова; подготовка материалов И.Н. Волкова [и др.]. – Ярославль: АНО НИПИ «Кадастр», 2015. – 512 с.
26. Геоэкологическое картографирование / Б.И. Кочуров, Д.Ю. Шишкина, А.В. Антипова [и др.]; под ред. Б.И. Кочурова. – М.: Издат. центр «Академия», 2009. – 192 с.
27. Глобальная экологическая перспектива 5. GEO 5: Резюме для политиков / ЮНЕП. – 2012. – URL: <http://www.unep.org/geo/pdfs/GEO->

5_SPM_Russian.pdf

28. Горохова, В.В. Экосистемы болот Ярославской области: состояние и охрана: монография / В.В. Горохова, О.А. Маракаев; Ярославский гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2009. – 160 с.

29. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году» / Минприроды РФ. – 2015.

30. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ярославской области в 2014 году» / Управление Роспотребнадзора по Ярославской области. – 2015.

31. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 30.12.2015).

32. Диев, В.С. Риск и неопределенность в философии, науке, управлении / В.С. Диев // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2011. – № 2 (14). – С. 79-89.

33. Доклад о мировом развитии 2014. Риски и возможности. Управление рисками в интересах развития: обзор / Всемирный банк. – URL: <http://siteresources.worldbank/>

34. Доклад о мировом развитии 2015. Мышление, общество и поведение: обзор / Всемирный банк. – URL: <http://www.worldbank.org/>

35. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области в 2013 году / Департамент охраны окружающей среды и природопользования Ярославской области; НПП «Кадастр»; под науч. ред. Г.А. Фоменко. – Ярославль, 2014. – 378 с.

36. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области в 2014 году / Департамент охраны окружающей среды и природопользования Ярославской области; НПП «Кадастр»; под науч. ред. Г.А. Фоменко. – Ярославль, 2015.

37. Дорожкин, А.М. Риск в социальном пространстве: историческая ретроспектива и современность / А.М. Дорожкин, Н.Е. Григорьева // Вестник Нижегородского Университета им. Н. И. Лобачевского. Социальные науки. – 2008. – С. 11.

38. Заболотный, Д.К. География медицинская (нозогеография) / Д.К. Заболотный // Большая медицинская энциклопедия. Т. 6. – М., 1929.

39. Зайцева, Н.В. Медико-профилактические технологии управления риском нарушений здоровья, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания / Н.В. Зайцева, О.Ю. Устинова, М.А. Землянова // Гигиена и санитария. – 2015. – № 2. – С. 109-113.

40. Зайцева, Н.В. Состояние здоровья и анализ взаимосвязей в системе «среда – здоровье населения» на экологически неблагоприятных территориях /

Н.В. Зайцева, М.В. Пушкарева, И.В. Май [и др.] // Экологическая безопасность городов Урала. – Пермь, 1994. – С. 35-38.

41. Заридзе, Д.Г. Эпидемиология и этиология злокачественных новообразований / Д.Г. Заридзе. – М.: Научный мир, 2000. – С. 21-56.

42. Киселев, А.В. Оценка риска здоровью / А.В. Киселев, К.Б. Фридман. – СПб.: Межд. институт оценки риска здоровью, 1997.

43. Ковальчук, В.К. Роль окружающей среды в возникновении неинфекционных заболеваний пищеварительной системы в Приморском крае / В.К. Ковальчук, И.Л. Иванова, В.М. Колдаев // Гигиена и санитария. – 2011. – № 3. – С. 10-15.

44. Кочуров, Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: учеб. пособие / Б.И. Кочуров. – М.; Смоленск: Маджента, 2003. – 384 с.

45. Куролап, С.А. Интегральное медико-экологическое зонирование как основа региональной стратегии устойчивого развития Воронежского региона / С.А. Куролап, О.В. Клепиков // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – № 2. – URL: <http://cyberleninka.ru>.

46. Лежкин, В.Л. Оценка риска для здоровья детского населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, на примере г. Салехарда / В.Л. Лежкин, Л.Г. Коньшина, М.В. Сергеева // Гигиена и санитария. – 2014. – № 1 – С. 83-86.

47. Лосский, Н.О. Обоснование интуитивизма / Н.О. Лосский // Лосский Н.О. Избранное. – М.: Правда, 1991.

48. Лосский, Н.О. Обоснование мистического эмпиризма / Н.О. Лосский // Вопросы философии и психологии. – 1904. – № 2 (72). – С. 129-171.

49. Луман, Н. Понятие риска / Н. Луман // Thesis. – № 5. – 1994.

50. Малхазова, С.М. Медико-географический анализ территории: картографирование, оценка, прогноз / С.М. Малхазова. – М.: Научный мир, 2001. – 240 с.

51. Малхазова, С.М. Окружающая среда и здоровье населения / С.М. Малхазова, Е.Г. Королева. – М.: Географический факультет МГУ, 2011. – 180 с.

52. Малышева, А.Г. Закономерности трансформации органических соединений в окружающей среде / А.Г. Малышева // Гигиена и санитария. – 1997. – № 3 – С. 5-10.

53. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86). – Л.: Гидрометеиздат, 1987.

54. Методические рекомендации ЦОС 001-13 «Порядок проведения сертификации организаций в Системе добровольной сертификации органов по

оценке риска здоровью населения» (утв. главным врачом ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора 20.03.2013).

55. Методы статистической обработки медицинских данных: методические рекомендации для ординаторов и аспирантов медицинских учебных заведений, научных работников / Сост. А.Г. Кочетов, О.В. Лянг, В.П. Масенко [и др.]. – М.: РКНПК, 2012. – 42 с.

56. Мишина, А.Л. Разработка системы оперативного регулирования качества атмосферного воздуха на территориях Московской области: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01 / Мишина Анна Леонидовна. – М., 2011. – 24 с.

57. Мусийчук, Ю.И. Учет потенциального риска смерти в методологии оценки состояния здоровья населения / Ю.И. Мусийчук, О.П. Ломов, В.М. Кудрявцев // Гигиена и санитария. – 2010. – № 3 – С. 86-89.

58. Новиков, С.М. Выявление приоритетных для здоровья населения загрязнений атмосферного воздуха г. Москвы / С.М. Новиков, Т.А. Шашина, И.И. Соттари-Реваи // Оценка риска для здоровья от неблагоприятных факторов окружающей среды: опыт, проблемы и пути решения: материалы Всероссийской научно-практической конференции (23-25 октября 2002 г., г. Ангарск). Ч. 1. – Ангарск, 2002. – С. 44-50.

59. Обеспечение соблюдения нормативно-правовых требований в сфере охраны окружающей среды: практическое пособие по совершенствованию государственного экологического контроля в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии / ОЭСР. – 2004.

60. Обоснование дифференцированных санитарно-защитных зон для предприятий по переработке аккумуляторов в современных условиях / М.А. Пинигин, Б.А. Попов, З.Ф. Собирова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – № 6 – С. 90-92.

61. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья. Опыт применения методологии оценки риска в России. Вып. 1-4. – М.: Консультационный центр по оценке риска, Гарвардский институт международного развития, Агентство международного развития США, 1997.

62. Онищенко, Г.Г. Оценка и управление рисками для здоровья как эффективный инструмент решения задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации / Г.Г. Онищенко // Анализ риска здоровью. – 2012. – С. 6-7.

63. Определитель высших растений Ярославской области. – Ярославль: Верхне-Волжское книж. изд-во, 1986. – 184 с.

64. Определитель растений Ярославской области. – Ярославль: Ярославское книж. изд-во, 1961. – 500 с.

65. Основные выводы о медицинских аспектах загрязнения воздуха:

проекты Revihaar и Hrapie BO3/EK / M.E. Heroux, M. Braubach, N. Korol [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – № 6 – С. 9-14.

66. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом Российской Федерации 30.04.2012).

67. Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом Российской Федерации 01.11.2013 № Пр-2573).

68. Основы оценки риска для здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. – М., 2002.

69. Пизов, А.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения г. Ярославля (на примере развития инсультов) / А.В. Пизов, С.Д. Прозоровская, Н.В. Пизова // Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне: материалы VI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции 24-25 октября 2013 г. – Ярославль, 2013. – С. 86-89.

70. Пизов, А.В. Частоты развития острых нарушений мозгового кровообращения в Ярославле в зависимости от сезона зима-лето / А.В. Пизов, Д.С. Дружинин, Н.В. Пизова // Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне: материалы VI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции 24-25 октября 2013 г. – Ярославль, 2013. – С. 85-86.

71. Порядок проведения сертификации организаций в Системе добровольной сертификации органов по оценке риска здоровью населения. Методические рекомендации. – М.: ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2013. – 84 с.

72. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.09.2007 №74 (ред. от 25.04.2014) «О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». Согласно п.п. 2.1., 3.12., 3.13., 4.5. новой редакции СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 (изменение №4)

73. Приваловская, Г.А. Социально-экономические предпосылки рисков устойчивого развития регионов России / Г.А. Приваловская, И.Н. Волкова // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2010. – № 3. – С. 8-20.

74. Применение методологии оценки риска для здоровья населения от вредных факторов окружающей среды в практической деятельности Управления Роспотребнадзора / Е.Е. Андреева [и др.] // Гигиена и санитария. – 2016. – № 2. – С. 219-222.

75. Природноочаговые болезни: медико-географический атлас России / под ред. С.М. Малхазовой. – М.: Географический факультет МГУ, 2015 – 208 с.
76. Прохоров, Б.Б. Медицинская география Сибири / Б.Б. Прохоров, С.В. Рященко. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. – 223 с.
77. Прохоров, Б.Б. Принципы и методы составления карт комплексной медико-географической оценки территорий / Б.Б. Прохоров // Принципы и методы медико-географического картографирования. – Иркутск, 1968. – С. 154-184.
78. Райх, Е.Л. Моделирование в медицинской географии / Е.Л. Райх. – М., 1984.
79. Рахманин, Ю.А. Концепция развития государственной системы химико-аналитического мониторинга окружающей среды / Ю.А. Рахманин, А.Г. Малышева // Гигиена и санитария – 2013. – № 6 – С. 4-9.
80. Рахманин, Ю.А. Современные направления методологии оценки риска / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, Т.А. Шашина // Гигиена и санитария. – 2007. – № 3 – С. 3-8.
81. Рахманин, Ю.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, С.Л. Авалиани [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2015. – № 2 (10). – С. 4-11.
82. Ревич, Б.А. Оценка опасности для здоровья населения Москвы высокой температуры и загрязнения атмосферного воздуха / Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников, С.Л. Авалиани [и др.] // Гигиена и санитария. – 2015. – № 1. – С. 36-40.
83. Росоловский, А.П. Гигиеническое ранжирование территорий – основа мероприятий по охране здоровья населения: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 / Росоловский Анатолий Павлович. – М., 2008.
84. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920-04. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора России, 2004. – 143 с.
85. СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 (новая ред.) «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (с изм. № 1, № 2, № 3, № 4).
86. Селищев, Е.Н. Промышленные кластеры как основа инновационного развития экономики региона (на примере Ярославской области) / Е.Н. Селищев, И.С. Сеницын // Ярославский педагогический вестник. Естественные науки. – 2011. – Т. III, № 4. – С. 177-180.
87. Селищев, Е.Н. Пространственная дифференциация и приоритеты социально-экономического развития Ярославской области / Е.Н. Селищев //

Ярославский педагогический вестник. Естественные науки. – 2012. – Т. III, № 1. – С. 184-188.

88. Семенова, А.Н. Анализ регионального здоровья населения Краснодарского края: географический аспект: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.24 / Семенова Ангелина Новиковна. – М., 2010. – 24 с.

89. Семенова, А.Н. Оценка регионального здоровья населения Краснодарского края / А.Н. Семенова // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 2.

90. Сеницын, И.С. Пространственные и возрастные особенности эколого-обусловленных заболеваний населения Ярославской области / И.С. Сеницын // Ярославский педагогический вестник. – 2011. – № 2. – Т. III (Естественные науки).

91. Сеницын, И.С. Региональные особенности заболеваемости злокачественными новообразованиями как индикатора экологического состояния территории (на примере Ярославской области) / И.С. Сеницын, Л.Н. Вдовина // Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне: материалы VI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции 24-25 октября 2013 г. – Ярославль, 2013. – С. 97-99.

92. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, С.Л. Авалиани [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2015. – №2 (10). – С. 4-11.

93. Социально-гигиенический мониторинг – интегрированная система оценки и управления риском для здоровья населения на региональном уровне / С.В. Кузьмин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – №1.

94. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 года № 638).

95. Суржиков, Д.В. Загрязнение окружающей среды промышленного центра металлургии как фактор риска для здоровья населения: автореф.дис. ... д-ра биол. наук: 14.00.07 / Суржиков Дмитрий Вячеславович. – М., 2007. – 36 с.

96. Тахтаджян, А.Л. Флористические области Земли / А.Л. Тахтаджян. – Л.: Наука, 1978. – 248 с

97. Тикунов, В.С. Моделирование в картографии / В.С. Тикунов. – М.: Изд-во МГУ, 1997.

98. Тикунов, В.С. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение / В.С. Тикунов, Д.А. Цапук. – М.: Смоленск, 1999. – 176 с.

99. Тишков, А.А. Прогнозирование угроз безопасности населения,

экономики и природы Российской Федерации в медико-биологической и биолого-социальной среде / А.А. Тишков // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. – М.: ФКУ Центр «Антистихия» МЧС России, 2015. – С. 315-319.

100. Тишков, А.А. Актуальная биогеография как методологическая основа сохранения биоразнообразия / А.А. Тишков // Вопросы географии. – 2012. – Вып. 134. – С. 15-57.

101. Тишков, А.А. Биотические катастрофы и их последствия для биоты, экосистем и здоровья населения / А.А. Тишков, М.А. Вайсфельд, В.Ю. Масляков // Изменение окружающей среды и климата: Природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Т. III: Опасные природные явления на поверхности суши: механизм и катастрофические следствия. – М.: ИГ РАН, 2008. – С. 101-123.

102. Трemasова, Н.А. Инвазионные виды растений Ярославской области / Н.А. Трemasова, М.А. Борисова, Е.А. Борисова // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – № 1, Т. III (Естественные науки).

103. Тулакин, А.В. Определение роли водного фактора в формировании реального неблагополучия здоровья населения: методические рекомендации / А.В. Тулакин, Т.Н. Ершова, Н.В. Тулакина. – М.: МНИИГ им. Ф. Эрисмана, 1996. (утв. зам. Председателя Гос. Комитета санэпиднадзора РФ Г.Г. Онищенко 17.03.1996 № 01-19/34-17).

104. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 28.11.2015) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

105. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об охране атмосферного воздуха».

106. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 28.11.2015) «О техническом регулировании».

107. Фокин, М.В. Особенности биологического действия атмосферных загрязнений в условиях повышенной влажности воздуха: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.07 / Фокин Марат Васильевич. – М., 1996. – 40 с.

108. Фокин, С.Г. Оценка воздействия на население Москвы загрязнений атмосферного воздуха канцерогенными веществами / С.Г. Фокин // Гигиена и санитария – 2010. – № 3 – С. 18-20.

109. Фоменко, Г.А. Интегральные риски и риски здоровью населения в природоохранном менеджменте в условиях транзита к новой экономике (на примере промышленных зон г. Ярославля) / Г.А. Фоменко, А.Е. Бородкин // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 1. – С. 66-75.

110. Фоменко, Г.А. Оценка риска здоровью населения в планировании развития урбанизированных территорий на устойчивой основе / Г.А. Фоменко, А.Е. Бородкин, М.А. Фоменко [и др.] // Вестник Ярославского регионального отделения РАЕН. – 2013а. – Т. 7, № 2. – С. 21-25.

111. Фоменко, Г.А. Развитие природоохранных институтов как риск-рефлексия / Г.А. Фоменко // Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 2. – С. 86-91.
112. Фоменко, Г.А. Регионализация систем управления природопользованием в условиях перехода к рынку / Г.А. Фоменко. – Ярославль: ЯГПИ, 1993. – 182 с.
113. Фоменко, Г.А. Риски здоровью человека в контексте “зеленой экономики” / Г.А. Фоменко // Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії: Матеріали XV з'їзду гігієністів України. 20-21 вересня 2012 року (Львів) / Під ред. А.М. Сердюка, Ю.І Кундієва, М.Р. Гжегоцького. – Львів: Друкарня ЛНМУ імені Данила Галицького, 2012. – С. 264-265.
114. Фоменко, Г.А. Экологические риски в устойчивом развитии и «зеленой» экономике / Г.А. Фоменко // Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне: материалы VI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции 24-25 октября 2013 г. – Ярославль, 2013б. – С. 197-202.
115. Халафян, А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник / А.А. Халафян. – 3-е изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.
116. Хорпякова, Т.В. Научно-методическое обеспечение мониторинга зон экологического риска, связанных с загрязнением воздушного бассейна урбанизированных территорий: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Хорпякова Татьяна Владимировна. – М., 2013.
117. Шаповалов, А.Е. Медико-географическая оценка влияния загрязнения питьевых подземных вод на здоровье населения (на примере Смоленской области): автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Шаповалов Андрей Евгеньевич. – М., 2008.
118. Швыряев, И.А. Физико-химические превращения в атмосфере и оценка экологического риска от выбросов промышленных объектов: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 03.00.16 / Швыряев Иван Александрович. – М., 2006. – 26 с.
119. Шкуринский, Б.В. Медико-географическая ситуация в западно-казахстанской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.24 / Шкуринский Бронислав Викторович. – М., 2014.
120. Шошин, А.А. Основы медицинской географии / А.А. Шошин. – Л., 1962.
121. Экологический атлас Ярославской области / Департамент охраны окружающей среды и природопользования Ярославской области; Научно-производственное предприятие «Кадастр»; науч. ред. Г.А.Фоменко. – Ярославль, 2015. – 156 с.
122. Эколого-геохимический анализ рисков влияния горно-рудной

промышленности на устойчивое развитие в Армении / А. К. Сагателян, Л.В. Саакян, М.Г. Микаелян [и др.] // Известия РАН. Серия географическая. – 2010. – № 5. – С. 87-93.

123. Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды города Каджарана / А.К. Сагателян, В.Ш. Геворкян, С.Г. Аревшатыан [и др.]. –Ереван: ЦЭНИ НАН РА, 2008. – 200 с.

124. Addressing the New Challenges for Risk Assessment, 2013.

125. An Overview of Exposure Assessment Models Used by the U.S. Environmental Protection Agency / Williams et al. – 2010.

126. Approaches to integrated monitoring for environmental health impact assessment / Liu et al. // Environmental Health. – 2012. – № 11. – P. 88.

127. Asante-Duah, K. Public Health Risk Assessment for Human Exposure to Chemicals / K. Asante-Duah. – Springer, 2002. – 352 p.

128. Ball, D. Environmental Health Policy / D. Ball. – McGraw-Hill International, 2006. – 283 p.

129. Briggs, D.J. A framework for integrated environmental health impact assessment of systemic risks / D.J. Briggs // Environ Heal. – 2008. – № 7. – P. 1-17.

130. Briggs, D. Environmental health indicators: framework and methodologies / D. Briggs. – Geneva: World Health Organization, 1999.

131. Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors / WHO. – Geneva, 2004.

132. Daly, H.E. Toward some operational principles of sustainable development / H.E. Daly // Ecological Economics. – 1990. – №2. – P. 1-6.

133. De minimis risk: a proposal for a new category of research risk / R. Rhodes et al. // Am. J. Bioeth. – 2011. – Vol. 11, № 11. – P. 1-7.

134. Disease mapping and risk assessment for public health / Eds. A. Lawson, M. Kulldorff. – Wiley and Sons, Chichester, UK, 1999.

135. Giddens, A. Fate, Risk and Security / A. Giddens // Giddens A. Modernity and Self-Identity: Self and Society in the Late Modern Age. – Cambridge: Polity Press, 1991. – P. 109-143.

136. Hambling T. A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health / T. Hambling, P. Weinstein, D. Slaney // Int J Environ Res Public Health. – 2011. – № 8. –P. 1-22.

137. Harmonized Integrated Hazard Classification System for Chemical Substances and Mixtures / OECD. – 2001.

138. Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods / M.S. O'Neill et al. // Environ Health Perspect. – 2003. – № 111 (16). – P. 1861-1870.

139. Luhmann, N. Der Begriff Risiko / N. Luhmann // Soziologie des Risikos. – Berlin; New York: Walter de Gruyter, 1991. – S. 9-40.
140. Luhmann, N. Risk: A Sociological Theory / N. Luhmann. – N.Y.: Walter de Gruyter, Inc., 1993. – P. 18-28.
141. Maantay, J.A. Mapping environmental injustices: pitfalls and potential of geographic information systems (GIS) in assessing environmental health and equity / J.A. Maantay // Environ Health Perspect. – 2002. – 110 (Supp 2). – P. 161-171. – (Special issue: Advancing Environmental Justice Through Community-Based Participatory Planning).
142. Maantay, J.A. Proximity to environmental hazards: environmental justice and adverse health outcomes. US Environmental Protection Agency (US EPA) / J.A. Maantay, J. Charabarty, J.D. Brender. – Washington, DC, 2010.
143. Making Risk Assessment More Relevant for Risk Management, 2013.
144. McClellan, R.O. Human health risk assessment: a historical overview and alternative paths forward / R.O. McClellan // Inhalation Toxicology. – 1999. – № 11 (6-7). – P. 477-518.
145. Medical Geology in Russia and the NIS / A.K. Saghatelyan, L.V. Sahakyan, O.V. Menchinskaya et al. // Medical Geology – a Regional Synthesis / O. Selinus, R.B. Finkelman, J.A. Centeno (Eds.). – London; New York: Springer, Heidelberg, 2010. – P. 242-247.
146. Mol, A.P.J. The Refinement of Production. Ecological modernization theory and the chemical industry / A.P.J. Mol. – Utrecht: Van Arkel, 1995.
147. Risk Assessment Guidance for Superfund / U.S. EPA. – 2001.
148. Risk Assessment Principles and Practices: Staff Paper / U.S. EPA. – 2004.
149. Rules of procedure. The Scientific Committees on Consumer Safety (SCCS) Health and Environmental Risks (SCHER) Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), 2013.
150. Sobus, J.R. A biomonitoring framework to support exposure and risk assessments / J.R. Sobus, Y-M. Tan, J.D. Pleil et al // Sci Total Environ. – 2011. – № 409. – P. 4875-4884.
151. Tran, A. Mapping disease incidence in suburban areas using remotely sensed data / A. Tran, J. Gardon, S. Weber et al. // Am J Epidemiol. – 2002. – № 156 (7). – P. 662-668.
152. Van der Heijden Cees A. Evaluation of carcinogenic risk: other approaches / A. Cees van der Heijden // Amer. J. Indust. Med. – 2000. – Vol. 38. – P. 316-323.
153. Vine, M.F. Geographic information systems: their use in environmental epidemiologic research / M.F. Vine, D. Degnan, C. Hanchette // Environ Health Perspect. – 1997. – № 105. – P. 598-605.