

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Ярославль – 2017

Работа выполнена в Автономной некоммерческой организации Научно-исследовательском проектом институте «Кадастр» (Институт «Кадастр»)

Научные руководители: **Тишков Аркадий Александрович,**
доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора Института географии РАН
Фоменко Георгий Анатольевич,
доктор географических наук, профессор, председатель правления Института «Кадастр»

Официальные оппоненты: **Куролап Семен Александрович,**
доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды, заместитель декана по науке факультета географии, геоэкологии и туризма
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»
Шартова Наталья Витальевна,
кандидат географических наук, старший научный сотрудник географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Ведущая организация: Тихоокеанский институт географии
Дальневосточного отделения РАН

Защита состоится «6» октября 2017 г. в 11-00 на заседании диссертационного совета Д 002.046.03 при Институте географии РАН по адресу: 119017 г. Москва, Старомонетный пер., 29, Институт географии РАН, Телефон +7 (495) 959-00-32, e-mail: d00204603@igras.ru

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на интернет-сайте Института географии РАН: <http://igras.ru/1268>

Автореферат разослан «__» _____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук

Е.А. Белоновская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. 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 международных документах, таких как Цели Устойчивого развития принятые в 2015 г. на 70-ой юбилейной сессии Генеральной ассамблеи ООН². 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, связанные с воздействием химических факторов окружающей среды (*цель 3, 3.9; 3.d*). Их достижение направлено на укрепление 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 Госсове РФ, состоявшемся 27 декабря 2016 г., сказал: «В нашей сегодняшней повестке – задачи поэтапного перехода России к модели устойчивого развития, и не просто к модели устойчивого развития, а экологически устойчивого развития»³. При этом подчеркнута важность решения экологических проблем для экономического развития страны.

Стремительный рост новых технологий создают новые риски и неопределенности здоровью населения, экологической безопасности и самому существованию людей. По мнению Фоменко Г.А., 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 и «зеленой» модернизации и системного регулирования

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>;

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

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.

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 нормирование на основе технологических нормативов при обязательном условии сохранения приемлемости экологического риска и риска здоровью населения⁴. 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 перспективу⁵. Повышение значимости данного вопроса определяется новым этапом модернизации развития и переходом к «зеленой» экономике. До настоящего времени в России практически не рассматривались геоэкологические и медико-географические вопросы, основанные принципах оценки риска здоровью, не изучались закономерности динамических процессов 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.

Степень разработанности темы диссертации. Исследования опираются на фундаментальных работах по изучению феномена риска Э. Гидденса, У. Бека, Н. Лумана, Диева В.С. Изучение процессов производства рисков отражены в работах Mol A.P.J., формирования пространства риска, включая экономические аспекты управления риском представлены в работах Фоменко Г.А., Фоменко М.А. Роль социально-экологических рисков с позиции устойчивого развития и его социально-экономических предпосылок рассматривалась в исследованиях Приваловской Г.А., Волковой И.Н. Теоретические и практические вопросы

⁴ «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» (утв. Президентом РФ 30.04.2012)

⁵ 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)

внедрения и гармонизации риска здоровью прорабатывались Онищенко Г.Г., Авалиани С.Л., Буштуевой К.А., Новиковым С.М., Гильденскиольдом Р.С., Поповой А.Ю., 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., Larson B, 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., Куролапа С.А., Vine MF, Degnan D, Hanchette C и др. Исследование медико-географических процессов, а также принципов медико-географической дифференциации территорий выполнялись Рященко С.В., Башалхановой Л.Б., а также научной школой медицинской географии Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. Математико-картографическое моделирование представлено Тикуновым В.С., Шкуринским 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 посвящены научные работы Котлякова В.М., Кочурова Б.И., Тишкова А.А., Прохорова Б.Б. и других. Биogeографические исследования Тишкова А.А. имеют риск-ориентированные научные направления. Вопросы экологического риска и риска здоровью в эколого-геохимических исследованиях рассматривались Сагателяном А.К., Саакяном Л.В., Беляевой О.А., Тепаносьяном Г.О., Пипояном Д.А., Микаеляном М.Г., Геворкьяном В.Ш., Аревшатыаном С.Г. и др. Результаты исследований пространственной особенности экозависимых заболеваний в Ярославской области были отражены в работах Синицына И.С., Заридзе Д.Г., Вдовиной Л.Н., Бaeвой И.В., Пизова А.В., Дружинина Д.С., Пизовой Н.В., Прозоровской С.Д. и других. Круг нерешенных вопросов позволил показать актуальность работы, сформулировать цель и задачи данного диссертационного исследования.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей диссертационной работы является разработка и апробация научно-методологических подходов к изучению географического пространства риска здоровью населения, разработка предложений по организации региональной системы мониторинга риска здоровью населения в рамках эколого-географических исследований, направленных на принятие решений по территориальному развитию староосвоенных регионов России (на примере Ярославской области), что соответствует специальностям паспорта «Геоэкология (науки о Земле)» п.п. 1.6, 1.7, 1.12, 1.17, а также паспорта «Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география» п.п. 3 и 13.

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 количественную характеристику экспозиционной и рисковой 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), учитывая геоэкологический фактор.

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

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).

Научная новизна исследования заключается в разработке механизмов выбора индикаторных экологически обусловленных заболеваний взрослого и детского населения, типизации урбанизированных территорий с ориентацией на критерии риска здоровью, а также предложений к организации региональной системы мониторинга рисков здоровью. Решен ряд задач по определению 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 выполнены исследования по оценке риска здоровью, обеспечивающие научную обоснованность приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха, представляющих максимальную угрозу населению с учетом прогноза их негативного воздействия. Математическое моделирование экспозиционной и рисковой нагрузки на население, позволило выполнить анализ географического распределения опасностей на территории Ярославской области. Предложен и обоснован набор детерминирующих экологически обусловленных заболеваний с учетом ведущих «органов-мишеней» уязвимых при хроническом воздействии приоритетных загрязнителей. Выполнена типизация муниципальных районов области по предложенному коэффициенту медико-географической нагрузки, состоящего из суммы отношений частных стандартизированных индексов приоритетных экологически обусловленных заболеваний взрослого и детского населения, учитывая при этом, промышленную специфику региона. Анализ медико-географической ситуации и процедура оценки

риска позволили выполнить территориальную дифференциацию медико-географической нагрузки и обосновать методологические подходы. Основываясь на результаты выполненных исследований, разработаны предложения по организации региональной системы мониторинга риска здоровью населения.

Теоретическая и практическая значимость всего комплекса выполненных исследований заключается в научном обосновании нового подхода территориального анализа и возможности классификации муниципальных районов с учетом экспозиционных и рискованных нагрузок. Методологические подходы с использованием инструментов оценки риска 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 позволяют оптимизировать и дополнить систему мониторинга за состоянием окружающей среды и здоровьем населения, показателями риска, а также определить региональные особенности риск-рефлексии населения. Результаты работы позволяют 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, 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 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 позволяет дать аргументированную оценку безопасности проживания населения в жилых зонах на урбанизированных территориях, как на существующее положение, 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», посвященная 110-й годовщине со дня рождения Д.Н. Калужного (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; 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 заседании 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 Международной научной конференции 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); Шестьдесят девятой

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 (2008–2016 гг.).

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

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

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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** описано современное состояние рассматриваемой проблемы, представлено обоснование актуальности темы, сформулирована цель и задачи исследования, а также научная новизна, теоретическая и практическая значимость и методологические основы работы. Ключевые вопросы диссертации отражены в основных защищаемых положениях работы.

В **первой главе – «Теоретико-методологические основы и особенности эколого-географических подходов оценки риска здоровью населения»** – был рассмотрен ряд научных направлений и результатов исследований российских и зарубежных авторов. Обзор литературных источников позволил проследить за историко-философским развитием концепции риска, становлением научных взглядов на проблему риска с позиции математической философии. Рассмотрение эволюции учения о риске позволило представить его как социогенное явление. Ключевая роль в формировании географического пространства риска принадлежит человеческому фактору. Оценка риска представляется как аналитический инструмент при управлении качеством окружающей среды и здоровья, а использование эколого-географических подходов позволяет

осуществить пространственный анализ рискогенности, для принятия обоснованных решений по территориальному развитию. Вместе с этим, следует отметить, что эколого-географические и медико-географические научные направления и процедура оценки риска здоровью населения обладают тесной взаимосвязью и практической силой, однако как показывает обзор литературы, в Российской Федерации такой комплексный методологический подход практически не используется, что требует активной проработки данного вопроса.

Во второй главе – **«Выбор и обоснование методов исследования»** – рассмотрены основные методологические подходы, этапы и объём исследований. Методологические подходы включали 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 оценку приоритетности региональных экологически обусловленных заболеваний необходимых для разработки частного стандартизированного индекса заболеваемости и коэффициента медико-географической типизации области. Представлены применяемые в диссертации методы статистического анализа, который выполнен с применением прикладного пакета STATISTICA StatSoft. Проверка нулевых гипотез выполнялась при критическом уровне статистической значимости $p = 0,05$. С целью выбора показателей дескриптивной статистики, выполнялась проверка гипотезы о нормальном распределении количественных признаков с помощью критериев d и W -статистики. В случае нормального распределения значений использовались параметрические методы, при ненормальном – непараметрические. При этом дескриптивная статистика включала расчеты среднего значения, медианы, 95% доверительный интервал, стандартное отклонение, 25-75% процентилей и квартильный размах. Оценка взаимосвязей между исследуемыми переменными выполнена с помощью корреляционного анализа, взаимосвязь между двумя множествами переменных – с помощью канонического анализа. Для визуализации взаимных связей между исследуемыми показателями использовались многомерные разведочные технологии, в частности иерархическая кластеризация с помощью метода Варда (Ward's method, метрика – Манхеттенское расстояние), а также метода k -средних, при этом рассматривались суммы квадратов дисперсий между и внутри кластеров и F -критерий Фишера. Для визуализации пространственного распределения кластеров использованы ГИС-инструменты ArcGis 10.2.

В третьей главе – **«Эколого-географические особенности территории Ярославской области с позиции оценки риска здоровью населения»** – представлена характеристика физической среды, экономико-географическая характеристика староосвоенного региона (на примере Ярославской области), рассмотрены типичные компоненты выбросов от источников лидирующих отраслей и их потенциальная опасность здоровью населения, состояние атмосферного воздуха. Показано, что эколого-географические данные играют ключевую роль в процедурах оценки риска здоровью населения на всех этапах исследования и, особенно в части выбора значимых сценариев экспозиции,

рабочей модели для решения геоэкологической проблемы.

Ярославская область является субъектом Российской Федерации, входит в состав Центрального федерального округа. Область граничит с Владимирской, Вологодской, Ивановской, Костромской, Московской, Тверской областями, что позволяет эффективно осуществлять межобластные взаимодействия. Развитая транспортная сеть соединяет Центральный, Северо-западный и Приволжский федеральные округа (рисунок 1).



Рисунок 1 – Географическое положение Ярославской области

Климат данной территории характеризуется умеренностью температурного режима с достаточным увлажнением. Для территории Ярославской области характерно 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. Преобладают ветра юго-западного, южного и западного направлений. Штилевая погода, в целом по области, наблюдается достаточно редко, однако в г. Ярославле и Ярославском муниципальном районе, где сосредоточены основные источники выбросов, штиль наблюдается в 23 % всего времени в течение года, что указывает на возможное увеличение экспозиционных нагрузок.

Рельеф Ярославской области полностью зависит от положения на Русской равнине и имеет равнинно-всхолмленный характер ее поверхности. К основным типам почв относятся дерново-подзолистые и болотные. Для южных районов Ярославской области характерно развитие дернового процесса почвообразования, формирование серых лесных почв. В северо-восточных районах Ярославской области — Любимском, Даниловском, Первомайском распространены глинистые и тяжелосуглинистые разновидности дерново-подзолистых почв.

Современная флора Ярославской области представлена 1042 видами сосудистых растений, которые относятся к 446 родам и 104 видам. Важное значение во флористической характеристике Ярославской области играют 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. В составе флоры Ярославской области выявлен 41 инвазионный вид.

Начальный этап исследований – идентификация опасности, предусматривает анализ территориально-отраслевой специфики Ярославской области, результаты которого используют в построении сценариев воздействия, а также определения специфичных для региона химических токсикантов. 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, общим количеством 46 884 предприятий и организаций. Основное расположение стратегически важных для области промышленных предприятий находится в зоне волжского пространственного «коридора» – первого ареала социально-экономического развития, где можно предположить неблагоприятной зоны экспозиционной нагрузки на селитебные и природные территории. Анализ выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников по видам экономической деятельности в период 2010 – 2014 гг. показал, что около половины выбросов (46,2 %), приходится на долю обрабатывающих производств. Результаты исследования динамики доли проб атмосферного воздуха с превышением ПДК загрязняющих веществ в период 1994 – 2014 гг. показывает положительную тенденцию в виде снижения доли неблагоприятных проб, однако несмотря на это ситуация остается напряженной, особенно в г. Ярославле, в котором уровень загрязнения атмосферы расценивается как повышенный. В 2014 г. в Ярославской области доля проб с превышением ПДК загрязняющих веществ составила 0,22 % (в 2013 г. – 0,28 %). Более неблагоприятная 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 2 а). 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 2 б).

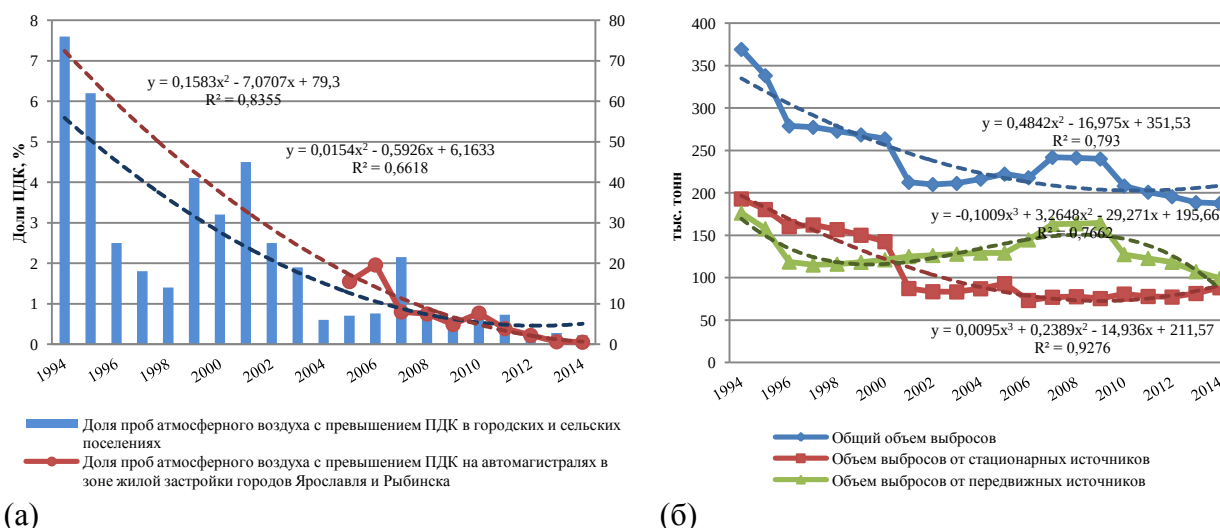


Рисунок 2 – Динамика (а) доли проб атмосферного воздуха с превышением ПДК и (б) объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Ярославской области в период 1994–2014 гг.

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 в г. Ярославле и г. Рыбинске. Кроме этого мониторинговые наблюдения проводятся Ярославским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (филиал ФГБУ «Центральное УГМС») на стационарных постах наблюдений в г. Ярославле, г. Рыбинске и в г. Переславле-Залесском. 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 являются оксид углерода, а также оксид и диоксид азота. Следует отметить, что анализ доли проб атмосферного воздуха показывает лишь ориентировочную характеристику экспозиции, малоприспособленную для оценки рисков здоровью населения, за счет обобщённой статистической совокупности результатов контроля и невозможности адекватно смоделировать рисковую ситуацию. Поэтому перечень контролируемых в Ярославской области загрязнителей, а также размещение постов наблюдения за качеством атмосферного воздуха на территории области требует обязательной актуализации.

Четвертая глава – «Результаты исследований и их обсуждение» – содержит результаты комплекса эколого-гигиенических и медико-географических исследований с использованием оценки риска здоровью населения. 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.

Характеристика неканцерогенного и канцерогенного рисков здоровью населения. Перечень загрязняющих веществ от исследуемых объектов включает 271 наименование. В целом суммарное значение условной экспозиции химических токсикантов составило 59740,693 т/год (среднее значение – 9956,789±17,404 т/год). В качестве начального этапа идентификации опасности, для определения потенциальных приоритетных химических токсикантов и вкладчиков в экспозиционную нагрузку выполнено ранжирование веществ по величине условной экспозиции (т/г). В качестве дополнения эколого-гигиенической части исследования представленные загрязнители рассмотрены с точки зрения их классов опасности, а также выявлены основные вкладчики в тот или иной класс опасности. В качестве условно приоритетных отобрано 20 загрязнителей с вкладом в суммарные выбросы по всей массе веществ на уровне 98,6 %. Загрязнители с максимальным вкладом (11 веществ) в общие выбросы по всем рассматриваемым предприятиям (95 %) представлены серой диоксидом (вклад в суммарный годовой выброс – 41 %), предельными углеводородами C6-C10 (вклад – 15 %), предельными углеводородами C1-C5 (вклад – 15 %), азотом диоксидом (вклад – 8 %), углеродом оксидом (вклад – 5%), азотом оксидом (вклад – 4 %), предельными углеводородами C12-C19 (вклад – 2%), метаном (вклад – 2%), пылью неорганической 70-20 % SiO₂ (вклад – 1,4%), угольной золой 20-70 % SiO₂ (вклад – 1,1%), толуолом (вклад – 0,9%). Основная часть веществ приходится на 2, 3 классы опасности (18 % и 26 % соответственно). Группа загрязнителей 1 класса опасности является незначительной – 8 %. Следует отметить, что загрязнители 1 класса опасности приняты как приоритетные загрязнители и нуждаются в обязательном контроле и мониторинге загрязняющих атмосферный воздух веществ.

Определение приоритетных химических токсикантов служит основополагающим элементом в обосновании выбора экологически обусловленных заболеваний области и возможности проведения геоэкологического и медико-географического анализа. Данный процесс построен на том, чтобы как можно более точно и полно установить на качественном уровне весомости доказательств возможности рассматриваемых химических токсикантов вызывать негативные эффекты у потенциально экспонируемого населения. Путем дальнейшего определения основных вкладчиков для дальнейшей оценки риска и обоснования индикаторных экологически обусловленных заболеваний, с целью эколого-географического 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 веществ-неканцерогенов могут наблюдаться токсические эффекты в отношении 15 «органов-мишеней», однако к приоритетному токсическому воздействию следует отнести пульмонотоксическое. Помимо этого токсические эффекты могут наблюдаться в отношении крови, центральной нервной системы, гепатобилиарной системы, иммунной системы, сердечно-сосудистой системы, зубов, красного костного мозга, репродуктивной системы, общего развития, почек, глаз, нервной системы, оказывают системное действие и имеется вероятность увеличения смертности.

Оценка экспозиции по рассматриваемым загрязнителям показала, что основной путь поступления в организм экспонируемого населения ингаляционный. Анализ оценки среднегодовой экспозиции показал неканцерогены с максимальными значениями концентраций, формирующими неканцерогенную экспозиционную нагрузку (сера диоксид, азота диоксид, пыль неорганическая: SiO_2 70–20 %, азота оксид). Основными канцерогенами, имеющими особое значение в формировании канцерогенной экспозиционной нагрузки, по максимальным значениям средней суточной дозы, являются бензин нефтяной, бензол, а также углерод черный (сажа).

Характеристика риска является заключительным этапом процедуры оценки риска здоровью населения. Методологически, данный этап позволяет, используя данные об экспозиционных нагрузках, охарактеризовать вероятность развития канцерогенных и неканцерогенных эффектов для соответствующих органов и систем, что важно для обоснования выбора индикаторных 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.

Таблица 1 – Характеристика неканцерогенного риска хронического воздействия приоритетных токсикантов

№	CAS	Код	Вещество	RfC ⁶ , мг/м3	С с.г. ⁷ , мг/м3	HQ ⁸	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 (HI) ⁹				HI Органы дыхания			0,284
				HI Нервная система			0,005
				HI Центральная нервная система			0,154
				HI Сердечно-сосудистая система			0,154
				HI Системное действие			0,001
				HI Смертность			0,006
				HI Кровь			0,151
				HI Печень			0,005
				HI Глаза			0,089
Примечание: Цветом выделены значимые критические органы							

Величина риска развития хронических неканцерогенных эффектов (НҚ) по рассматриваемым неканцерогенам составляет не выше 0,149 ед. (по диметиламину). Такая величина НҚ не превышает приемлемый уровень (НҚ < 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 (таблица 1). Основными вкладчиками в неканцерогенный риск по НҚ, 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 %.

Индексы опасности (НИ) позволили определить критические органы, дальнейшее рассмотрение которых позволит выбрать группу экологически обусловленных заболеваний для дальнейшей медико-географической типизации Ярославской области. Максимальные величины НИ составили 0,284 ед. по органам дыхания и 0,151 ед. – по центральной нервной, сердечно-сосудистой системам и

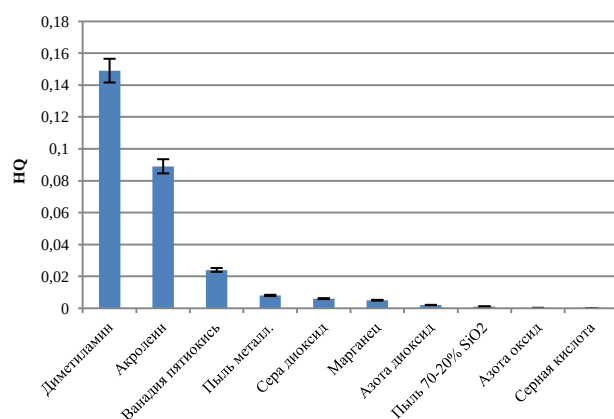
⁶ RfC – референтная концентрация при хроническом воздействии, мг/м3

⁷ С с.г. – среднегодовая концентрация, мг/м3

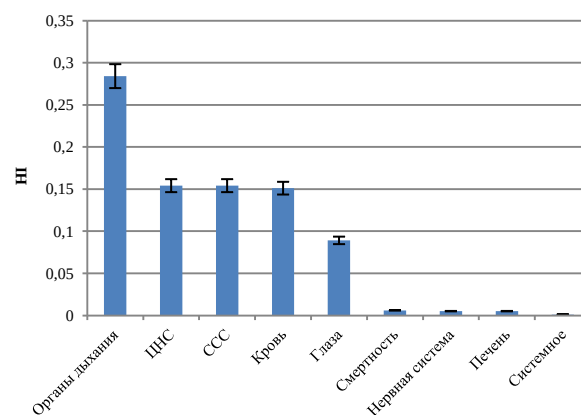
⁸ НҚ – коэффициент опасности, характеризует уровень неканцерогенного риска

⁹ НИ – индекс опасности, характеризует суммарный уровень неканцерогенного риска с учетом токсической направленности

крови, что в целом, не превышают приемлемые уровни (рисунок 3).



(а)



(б)

Рисунок 3 – Распределение коэффициента (а) и индекса опасности (б) по приоритетным загрязнителям и критическим органам

Характеристика риска развития канцерогенных эффектов осуществлялась на основании количественной оценки канцерогенного риска с использованием результатов расчетов средних суточных доз канцерогенов и факторов канцерогенного потенциала. В таблице 2 представлены уровни индивидуального канцерогенного риска (ICR) с показателями разброса значений ICR.

Таблица 2 – 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

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 %. Медиана ICR по всем рассматриваемым приоритетным канцерогенам составляет $3,0 \times 10^{-5}$. Суммарный ICR равен $8,25 \times 10^{-4}$ (третий диапазон), что является неприемлемым для всего населения.

Результаты выполненных рискологических исследований предоставляют возможность сосредоточить внимание на количественной оценке опасности реальных воздействий экологически опасных объектов на население. Совершенно очевидна целесообразность и практическая возможность использования подходов расстановки приоритетов по критериям рисков с целью выбора индикаторных показателей необходимых в эколого-географических исследованиях. Следует

учитывать методологические особенности оценки риска, например, ориентируясь на валовой выброс загрязнителей, при этом не учитывая токсикологических характеристик загрязнителей при хроническом или остром воздействии, технологических процессов и эколого-географических особенностей исследуемой территории, при определении приоритетности, могут быть упущены из под контроля загрязнители, имеющие малый выброс, но с большим потенциалом опасности, что создает ложное восприятие значимости источников загрязнения и ошибочное принятие решений в части реализации природоохранных мероприятий.

Географические особенности распределения показателей медико-экологической нагрузки в муниципальных районах Ярославской области. С целью медико-экологической оценки муниципальных районов Ярославской области были выбраны классы заболеваний с учетом результатов исследований по оценке риска здоровью населения. Особое значение при этом имели эколого-географические, метеорологические особенности исследуемой территории, токсикологические характеристики приоритетных веществ, сценарий воздействия на потенциально экспонируемое население, экспозиционная нагрузка канцерогенов и неканцерогенов. Ключевыми критериями выбора заболеваний являлись «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.

Основываясь на данные характеристики риска, критическими органами при воздействии химических неканцерогенов являются: органы дыхания, органы сердечно-сосудистой системы (ССС), центральной нервной системы (ЦНС) и крови. В связи с этим в качестве экологически обусловленных заболеваний у взрослого и детского населения предлагается учитывать первичную заболеваемость органов дыхания, СССР, ЦНС, крови, а также первичную заболеваемость злокачественными новообразованиями. Учет первичной заболеваемости (*incidence*) обусловлен тем, что она более показательна с точки зрения риска развития патологии у здоровых людей. Общая тенденция общей и первичной заболеваемости среди взрослого и детского населения характеризуется постепенным спадом (рисунок 4).

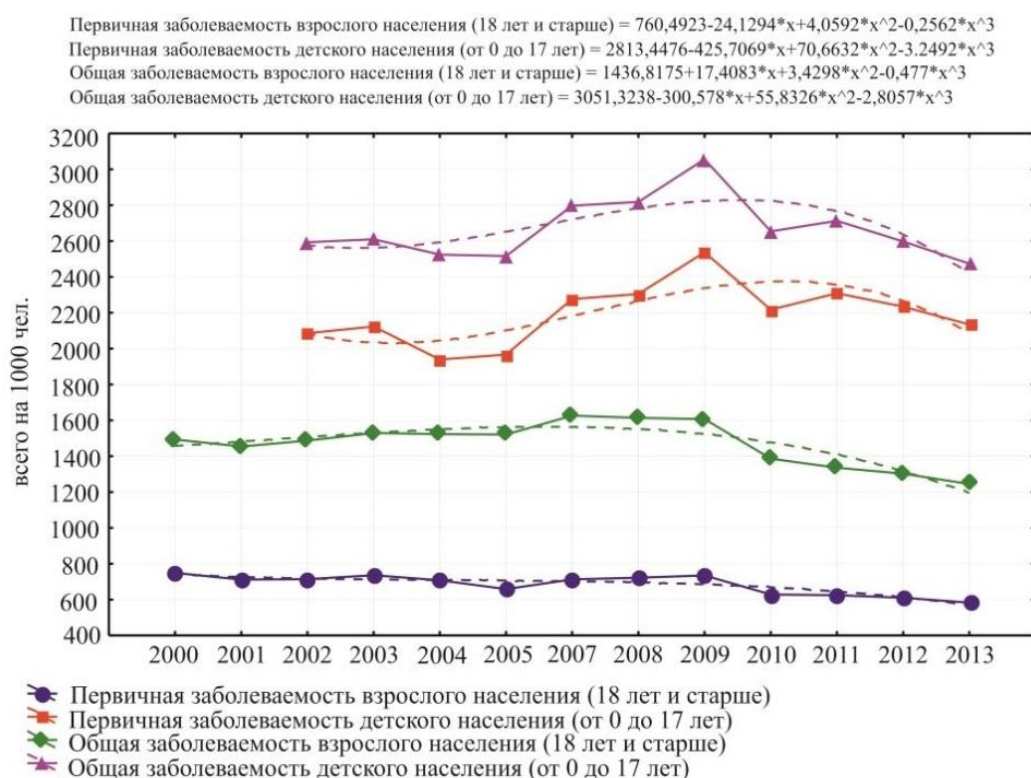


Рисунок 4 – Динамика общей и первичной заболеваемости детского и взрослого населения в период 2002 – 2013 гг.

На всем протяжении наблюдений за уровнями первичной заболеваемости взрослых и детей наибольшую эколого-гигиеническую значимость в Ярославской области имеют болезни органов дыхания. Медико-географический анализ уровней первичной заболеваемости по сигнальным болезням среди взрослых и детей показывает достаточно неблагоприятную ситуацию практически во всех муниципальных районах. Показатели заболеваемости в ряде районов, превышают общеобластной уровень в 1–2 и выше раз. Распространение ряда болезней имеют географические особенности. Так, для центральных районов области характерна неблагоприятная ситуация по болезням органов дыхания, ССС, крови для всей популяции, а также ЦНС у детского населения. Наибольший охват болезней (злокачественные новообразования, ССС, ЦНС, крови) с превышением общеобластного уровня наблюдается преимущественно в северо-восточной части области. В юго-восточном и юго-западном направлениях формируются зоны напряжения по всем рассматриваемым классам заболеваний (рисунки 5 – 9).



(a)



(б)

Рисунок 5 – Распределение уровней первичной заболеваемости органов дыхания среди (а) взрослого и (б) детского населения по муниципальным районам Ярославской области

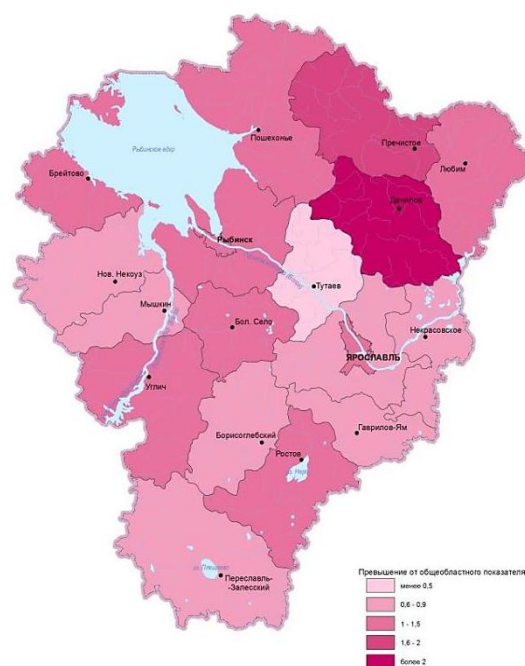
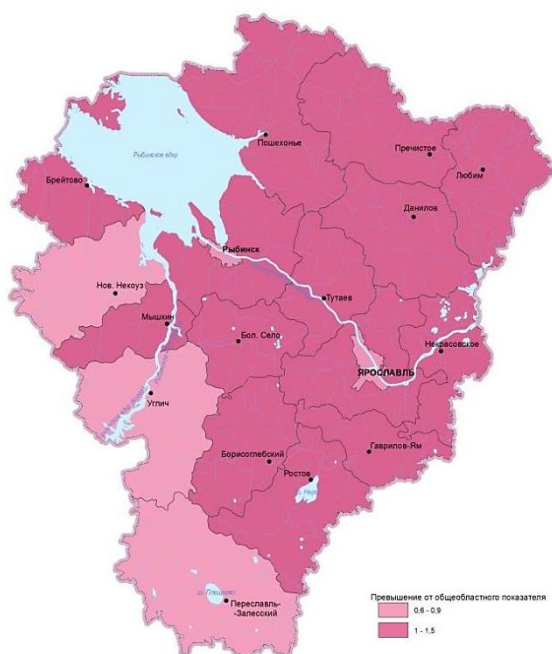


(a)



(б)

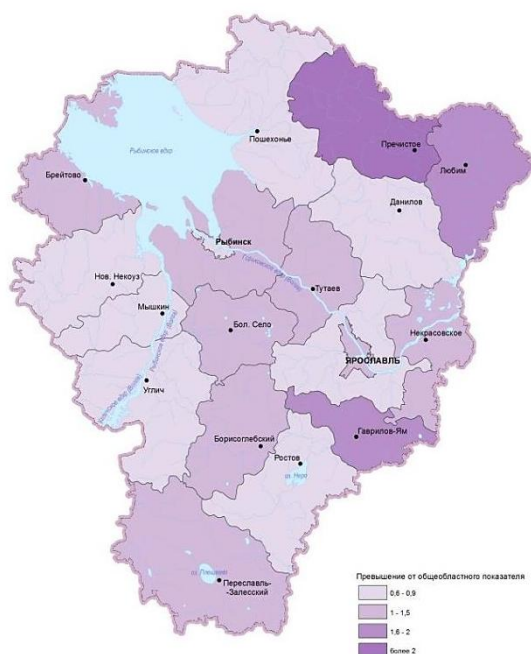
Рисунок 6 – Распределение уровней первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями среди (а) взрослого и (б) детского населения по муниципальным районам Ярославской области



(a)

(б)

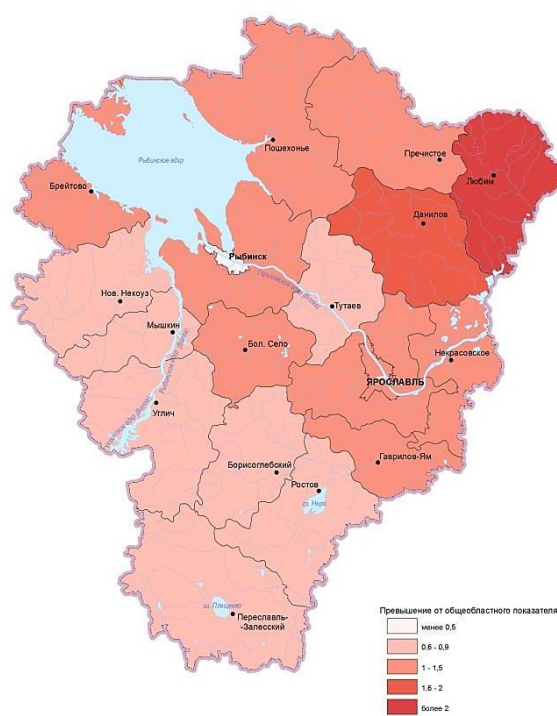
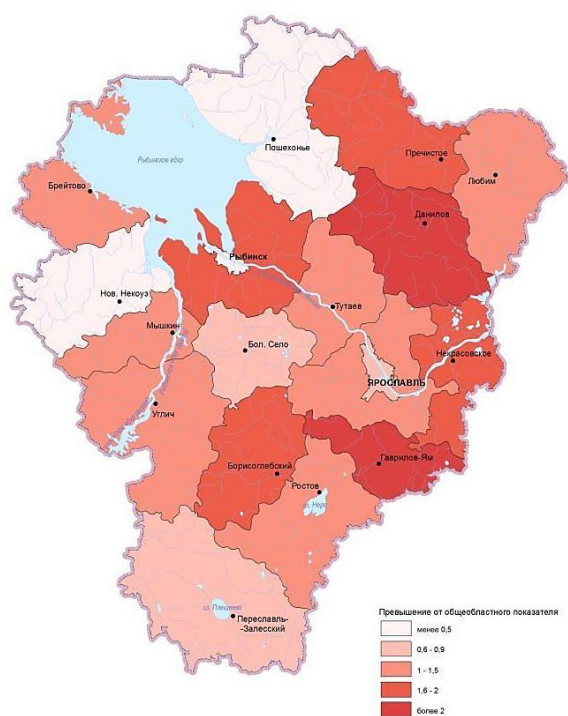
Рисунок 7 – Распределение уровней первичной заболеваемости ССС среди (а) взрослого и (б) детского населения по муниципальным районам Ярославской области



(a)

(б)

Рисунок 8 – Распределение уровней первичной заболеваемости ЦНС среди (а) взрослого и (б) детского населения по муниципальным районам Ярославской области



(а)

(б)

Рисунок 9 – Распределение уровней первичной заболеваемости крови среди (а) взрослого и (б) детского населения по муниципальным районам Ярославской области

Характеристика корреляционных зависимостей между общим объемом выбросов от стационарных и передвижных источников, условной экспозицией основных загрязнителей, уровнями экологически обусловленной заболеваемости и основными демографическими показателями показывает следующую картину. Общие выбросы от стационарных и передвижных источников имеют достаточно высокую корреляционную связь с приоритетными заболеваниями, как взрослого, так и детского населения. Причем выбросы от передвижных источников проявляют более выраженную корреляционную активность, чем от стационарных источников (таблица 3).

Таблица 3 – Значимые корреляционные зависимости между общим объемом выбросов от стационарных и передвижных источников и уровнями экологически обусловленных заболеваний

Переменная	Группа населения	Стационарные источники			Передвижные источники		
		Ранговые корреляции Спирмена (R)					
		R	t(N-2)	p-уров.	R	t(N-2)	p-уров.
Общая заболеваемость	Взрослые	–	–	–	0,888	6,424	0,00005
	Дети	-0,858	-5,548	0,0001	0,630	2,696	0,02
Первичная заболеваемость	Взрослые	–	–	–	–	–	–
	Дети	-0,929	-8,381	0,000004	–	–	–
Первичная заболеваемость ОД	Взрослые	–	–	–	0,701	3,264	0,007
	Дети	-0,763	-3,923	0,002	–	–	–
Первичная заболеваемость ССС	Взрослые	–	–	–	0,707	3,315	0,007
	Дети	–	–	–	–	–	–
Первичная заболеваемость ЦНС	Взрослые	–	–	–	–	–	–
	Дети	–	–	–	0,676	3,048	0,01

Переменная	Группа населения	Стационарные источники			Передвижные источники		
		Ранговые корреляции Спирмена (R)					
		R	t(N-2)	p-уров.	R	t(N-2)	p-уров.
Первичная заболеваемость крови	Взрослые	–	–	–	0,621	2,627	0,02
	Дети	–	–	–	0,718	3,421	0,006
Первичная заболеваемость раком	Взрослые	-0,847	-5,291	0,0002	–	–	–
	Дети	-0,642	-2,783	0,02	0,657	2,894	0,01

Примечание: представленные корреляции значимы на уровне $p < 0,05$;

ОД – органы дыхания, ССС – сердечно-сосудистая система, ЦНС – центральная нервная система

Анализ направленности связей между процессами формирования заболеваний в среде с высокой экологической нагрузкой показал в ряде случаев присутствие корреляционных зависимостей, преимущественно в отношении заболеваемости органов дыхания (таблица 4).

Таблица 4 – Значимые корреляционные зависимости между условной экспозицией основных загрязнителей и приоритетной заболеваемостью

Наименование загрязнителя, т/год	Группа населения	Первичная заболеваемость ОД			Первичная заболеваемость ССС		
		Ранговые корреляции Спирмена (R)					
		R	t(N-2)	p-уровень	R	t(N-2)	p-уровень
Твердые вещества	Взрослые	0,587	3,078	0,006	–	–	–
	Дети	–	–	–	–	–	–
Диоксид серы	Взрослые	–	–	–	–	–	–
	Дети	–	–	–	–	–	–
Оксид углерода	Взрослые	0,581	3,031	0,007	-0,478	-2,314	0,03
	Дети	0,618	3,343	0,003	–	–	–
Оксиды азота	Взрослые	0,670	3,838	0,001	-0,462	-2,214	0,039
	Дети	0,597	3,163	0,005	–	–	–

Примечание: представленные корреляции значимы на уровне $p < 0,05$;

ОД – органы дыхания, ССС – сердечно-сосудистая система

Средние связи прослеживаются в отношении демографических показателей, в частности численности взрослого и детского населения. Кроме того наблюдаются значимые обратные средние связи преимущественно между младенческой смертностью. Однако воздействие загрязненного воздуха на демографические характеристики области следует рассматривать как опосредованное (таблица 5).

Таблица 5 – Значимые корреляционные зависимости между условной экспозицией основных загрязнителей и демографическими показателями

Наименование загрязнителя, т/год	Группа населения	Численность			Смертность		
		Ранговые корреляции Спирмена (R)					
		R	t(N-2)	p-уровень	R	t(N-2)	p-уровень
Твердые вещества	Взрослые	0,725	4,477	0,0002	–	–	–
	Дети	0,722	4,438	0,0003	-0,494	-2,411	0,026
Диоксид серы	Взрослые	0,620	3,358	0,003	–	–	–
	Дети	0,634	3,480	0,002	–	–	–
Оксид углерода	Взрослые	0,602	3,202	0,004	–	–	–
	Дети	0,605	3,227	0,004	-0,463	-2,217	0,039
Оксиды азота	Взрослые	0,668	3,815	0,001	-0,507	-2,496	0,022
	Дети	0,658	3,715	0,001	-0,535	-2,688	0,015

Примечание: представленные корреляции значимы на уровне $p < 0,05$;

ОД – органы дыхания, ССС – сердечно-сосудистая система

В целом, полученные данные подтверждают наличие взаимосвязей между заболеваемостью и качеством атмосферного воздуха. Учитывая многофакторность в формировании здоровья, значимые средние корреляционные зависимости показывают приоритетность экологического фактора и его определенное место в массиве известных факторов риска здоровью.

Медико-географическая типизация Ярославской области на основе оценки риска здоровью населения. Изучение пространственных различий в распределении индикаторных заболеваний, как критериев качества среды обитания, показывает необходимость ранжирования территорий по степени благоприятности проживания или напротив выявления рискованных районов. Медико-географическое районирование или в данном случае изучение географических особенностей медико-экологической нагрузки на территории осуществлялось с помощью интегрального подхода, где уровни приоритетной заболеваемости рассматривались не в традиционных величинах, а в виде индексной оценки и коэффициентов типизации. 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 стандартизировались 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. Для расчета коэффициента медико-географической типизации (интегрального) (Int) предложен стандартизированный частный индекс *i*-заболеваемости (Ізаб.).

Формула частного индекса *i*-заболеваемости Ізаб. (рассчитывается по каждому классу заболевания):

$$\text{Ізаб. } 1, 2, 3, \dots = \frac{(i_{\max} - i_{\min})}{(i_{\max} - i_{\text{среднее}})}$$

где Ізаб. 1, 2, 3, ... – стандартизированный частный индекс *i*-заболеваемости (по классам 1 – органы дыхания, 2 – ССС и т.д.);

$i_{\max}$ – максимальное значение *i*-заболеваемости за весь период наблюдения;

$i_{\min}$ – минимальное значение *i*-заболеваемости за весь период наблюдения;

$i_{\text{среднее}}$ – среднее значение *i*-заболеваемости за весь период наблюдения.

Предложена формула коэффициента медико-географической типизации (интегральный) Int:

$$\text{Int} = \frac{\text{Ізаб. } 1}{\text{Ізаб. обл. } 1} + \frac{\text{Ізаб. } 2}{\text{Ізаб. обл. } 2} + \frac{\text{Ізаб. } 3}{\text{Ізаб. обл. } 3} + \frac{\text{Ізаб. } 4}{\text{Ізаб. обл. } 4} + \frac{\text{Ізаб. } 5}{\text{Ізаб. обл. } 5}$$

где Int – коэффициент медико-географической типизации (интегральный);

Ізаб. 1, 2, ... – частный индекс *i*-заболеваемости (по классам 1 – органы дыхания, 2 – сердечно-сосудистые болезни и т.д.);

Ізаб. обл. 1, 2, ... – частный общеобластной индекс *i*-заболеваемости (по классам 1 – органы дыхания, 2 – сердечно-сосудистые болезни и т.д.).

Выполненные исследования позволили определить фоновый уровень медико-географической нагрузки, как для взрослого населения, так и для детей. Градация коэффициента типизации, характеризующего степень нагрузки, имеет шесть диапазонов (таблица 6).

Таблица 6 – Значения коэффициента медико-географической типизации и его характеристика

Величина коэффициента (Int)	Характеристика уровней
2,5 и менее	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
5,0 и выше	крайне высокий

Как показывают результаты выполненных исследований, в обоих случаях, величина областного (фоновое) коэффициента медико-географической типизации равна 5, что характеризует крайне высокий уровень медико-географической нагрузки и состояния высокой напряженности в части формирования регионального здоровья (рисунок 10 а, б).

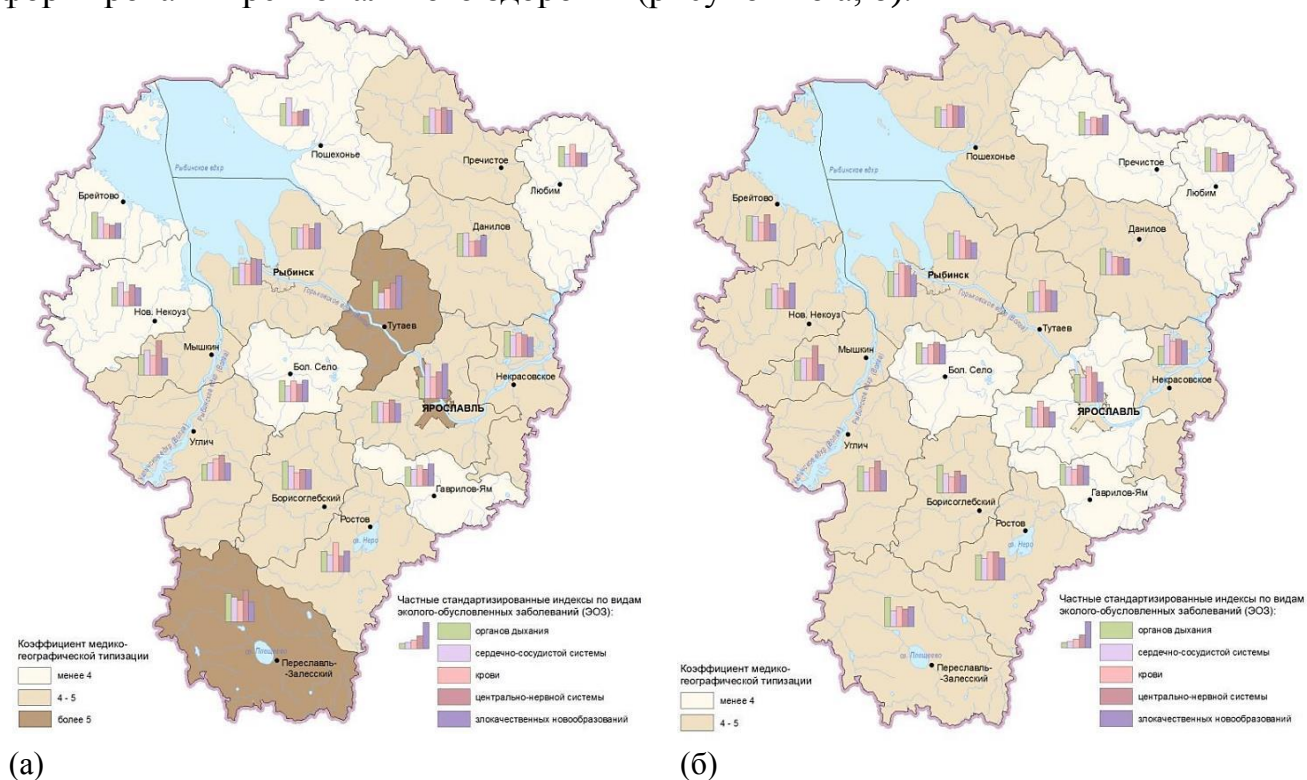


Рисунок 10 – Распределение коэффициента медико-географической типизации на территории Ярославской области, относительно здоровья (а) взрослого и (б) детского населения на основании оценки риска

Распределение санозкосистем по уровню нагрузки среди взрослого населения показывает наиболее напряженную ситуацию в центральной, южной и юго-западной частях Ярославской области. К районам с нагрузкой выше фоновой

(Int > 5) относятся: Переславский и Тутаевский районы, а также г. Ярославль. Высокие уровни нагрузки (Int 4,6 – 4,9) наблюдаются в центральной, северо-восточной и частично в западной части области, т.е. в Мышкинском, Некрасовском, Первомайском и Рыбинском муниципальных районах. В остальных районах уровни медико-географической нагрузки характеризуются как средние (Int 3,6 – 3,9) и выше среднего (Int 4,0 – 4,5). Другая картина наблюдается в отношении собственно заболеваемости детей. 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 области. В остальных направлениях, нагрузки средние и выше средних.

Для сравнения и объединения схожих показателей выполнена процедура иерархической кластеризации (рисунок 11 а, б) с использованием метода Варда (Ward's Method) с применением манхэттенского расстояния (Manhattan distance).

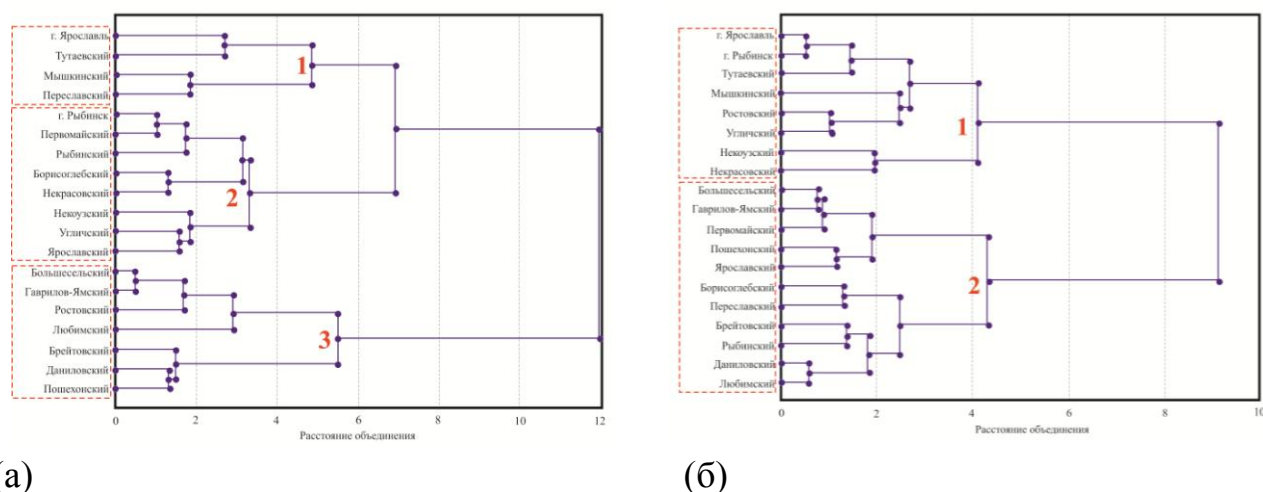


Рисунок 11 – Иерархическая кластеризация муниципальных районов Ярославской области по показателям медико-географической нагрузки среди (а) взрослого и (б) детского населения

Дисперсия межкластерного пространства в рассматриваемых кластерах достаточна для того чтобы интерпретировать результаты иерархической кластеризации. На представленной модели (заболеваемость взрослого населения) (рисунок 11 а) выделяется порог межкластерных расстояний на уровне 6,9 ед., при этом выделяется 2 достаточно объемных кластера, в которых наблюдается наименьшая дисперсия межкластерных расстояний. Два данных 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 – 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 третий кластер входят Большесельский, Гаврилов-Ямский, Ростовский, Любимский, Брейтовский, Даниловский и Пошехонский муниципальные районы.

На рисунке 11 б, представлена кластеризация муниципальных районов Ярославской области по медико-географическим параметрам детского населения. 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. Как видно из полученных данных, в кластер 1 входят г. Ярославль, г. Рыбинск, Тутаевский, Мышкинский, Ростовский, Угличский, Некоузский, Некрасовский муниципальные районы. Данные санозкосистемы 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. Санозкосистемы второго кластера имеют средние и выше среднего уровни медико-географической нагрузки.

Предложения по организации региональной системы мониторинга рисков здоровью. Опираясь на результаты выполненных исследований, были предложены подходы по организации региональной системы мониторинга риска здоровью населения, включающие в себя 7 основных этапов рабочего процесса мониторинга (рисунок 12).

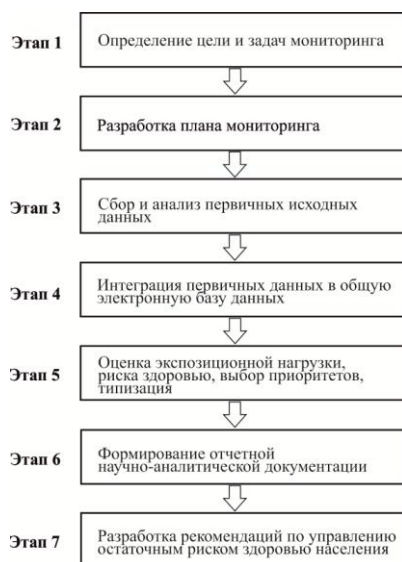


Рисунок 12 – Основные этапы рабочего процесса мониторинга риска здоровью населения

Процесс мониторинга риска здоровью, является логическим продолжением этапа управления риском, основной задачей которого является обоснование наилучших управленческих решений по минимизации, а также контролю за остаточным риском здоровью. Предложено определение системы мониторинга рисков здоровью, как *системы 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, а также структурно-функциональная схема мониторинга риска (рисунок 13).

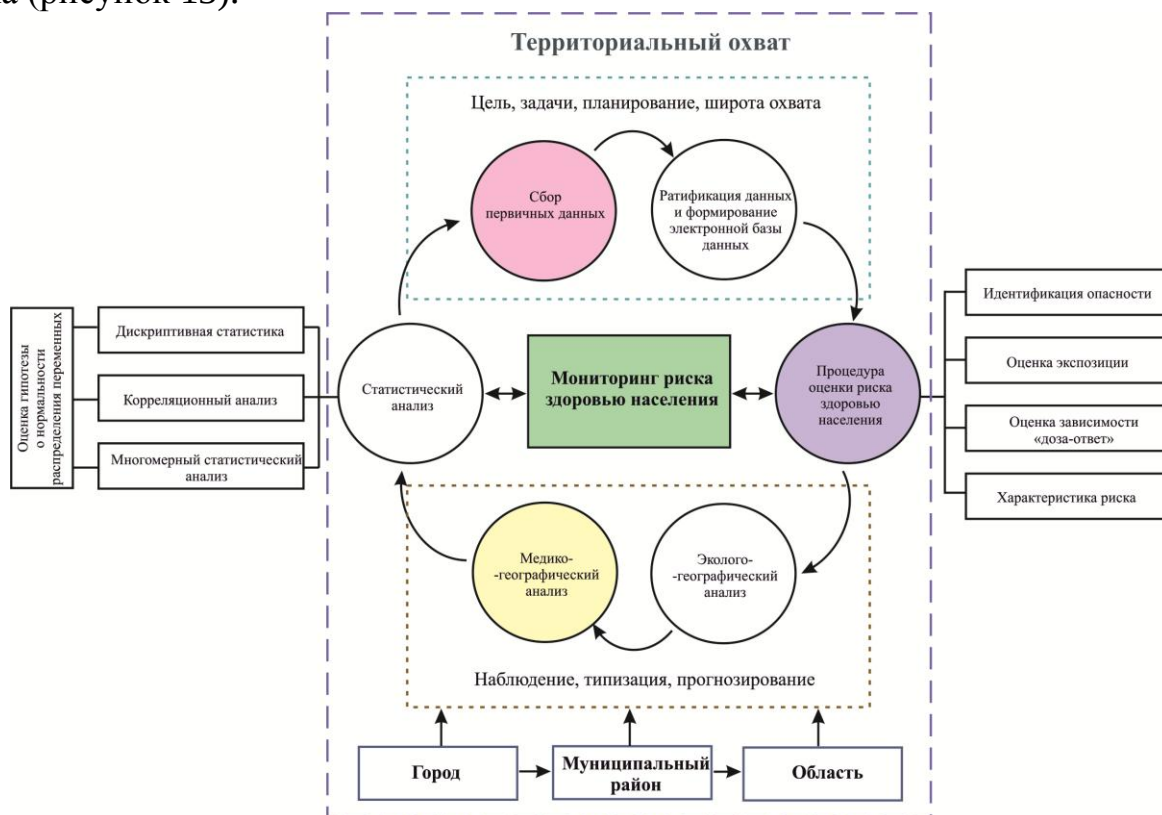


Рисунок 13 – Структурно-функциональная схема мониторинга риска здоровью населения

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 – опережающий элемент в управлении риском здоровью. Весь процесс мониторинга выполняем на различных территориальных структурах (город, муниципальный район, область), выбор которых зависит от поставленной цели в начале мониторингового процесса. Таким образом, 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. Это позволило разработать новый подход к

формированию регионального перечня значимых загрязнителей атмосферного воздуха. Всего проанализировано 271 химических токсикантов, 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 рисковей нагрузки. Максимальный вклад в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности вносят сера диоксид, ванадия пятиокись, азота диоксид. Существенный вклад в суммарный индекс канцерогенной опасности вносят бензол, сажа и 1,3-бутадиен. Оценка среднегодовой экспозиции показала значимые неканцерогены, к ним относят: серу диоксид, азота диоксид, пыль неорганическую: SiO_2 70–20 %, азота оксид. Основными загрязнителями-канцерогенами, 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 % (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 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. 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.

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 реализовать 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Фоменко М.А., Бородкин А.Е. Методология и оценка рисков как аналитический инструмент // Вестник Академии Пастухова. – 2008. – № 2. – С. 25-26.
2. Порядок определения долей предприятий в финансировании мероприятий по содержанию и управлению санитарно-защитной зоной, основанный на методологии оценки риска здоровью населения / Г.А. Фоменко, С.Л. Авалиани, Л.А. Князьков, М.А. Фоменко, А.Е. Бородкин, Ю.В. Бударова. / Утв. Руководителем Управления Федеральной Службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ярославской области. – Ярославль, 2008.
3. Бородкин А.Е. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха в городах Российской Федерации (на примере города Ярославля) // Гигиена атмосферного воздуха: Сборник докладов научно-практической конференции с международным участием (Киев, 14-15 октября 2010 г.) / Министерство здравоохранения Украины, Национальная академия медицинских наук. – Киев, 2010. – С. 97-101.
4. Фоменко Г.А., Фоменко М.А., Бородкин А.Е. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха в управлении промышленными зонами (на примере города Ярославля) // Гигиена атмосферного воздуха: Сборник докладов научно-практической конференции с международным участием (Киев, 14-15 октября 2010 г.) / Министерство здравоохранения Украины, Национальная академия медицинских наук. – Киев, 2010. – С. 128-132.
5. Бородкин А.Е., Осипова Е.В. Применение методологии рисков в управлении природоохранной деятельностью на городских территориях // Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне: материалы 5 научно-практической конференции (8-9 декабря 2011 г.). Ч. 2. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2011. – С. 95-102.
6. Фоменко М.А., Бородкин А.Е. Пространство риска для здоровья в развитии городов (на примере г. Ярославль) // Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії: Матеріали 15 з'їзду гігієністів України. 20-21 вересня 2012 року (Львів) / Під ред. акад. НАМНУ, проф., д.мед.н. А.М. Сердюка; акад. НАМНУ та НАНУ, проф. д. мед.н. Ю.І.Кундієва; чл.-кор НАМНУ, проф.

- д.мед.н. М.Р. Гжегороцького. – Львів: Друкарня ЛНМУ імені Данила Галицького, 2012. – С. 262-264.
7. Бородкин А.Е. О гигиенической значимости и канцерогенной приоритетности загрязняющих веществ для селитебной территории г. Ярославля // 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. 61-65.
 8. Бородкин А.Е. Оценка риска здоровья как индикатор устойчивого развития и «зеленого роста» городов (на примере г. Ярославля) // 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. 227-230.
 9. Фоменко Г.А., Бородкин А.Е., Фоменко М.А., Шитикова Е.А. Оценка риска здоровью населения в планировании развития урбанизированных территорий на устойчивой основе // Вестник Ярославского регионального отделения РАЕН. – 2013. – Т. 7, № 2. – С. 21-25.
 10. Пикулина Н.И., Бородкин А.Е. Оценка воздействия автотранспортных потоков на акустическую среду городской территории (на примере Дзержинского района города Ярославль) // Шестьдесят седьмая региональная научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием: тезисы докладов. Ч. 1. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2014. – С. 316.
 11. Бородкин А.Е. Оценка риска здоровью населения в контексте устойчивого развития городов (на примере г. Ярославля) // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов с международным участием / ФГБУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина; под ред. Ю.А. Рахманина. – М., 2014. – С. 78-81.
 12. Бородкин А.Е., Пикулина Н.И. Оценка риска здоровью населения от воздействия автотранспорта в устойчивом развитии урбанизированных территорий (на примере города Ярославля) // Устойчивое развитие: наука и практика: междунар. журнал. – Электрон. журн. – 2014. – № 2 (13). – URL: www.yrazvitie.ru.
 13. Бородкин А.Е. Особенности медико-географической типизации староосвоенных регионов на основе оценки риска здоровью населения (на примере Ярославской области) // **Проблемы региональной экологии.** – 2014. – № 5. – С. 191-199.
 14. Пикулина Н.И., Бородкин А.Е., Фоменко Г.А. Диагностика районов г. Ярославля методами оценки риска здоровью и экспозиции автотранспортного шума // 68-я всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 22 апреля 2015 г., Ярославль: сб. материалов конф. – Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2015. – С. 681-684. – URL: http://www.ystu.ru/download/Sbornik_materialov_68_Conf_2015.pdf.
 15. Бородкин А.Е. Пространство риска здоровью населения староосвоенных регионов (на примере Ярославской области) / Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. В 2-х томах. Т. 1 / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 146-149.
 16. Ахременко А.И., Кашенков Ю.С., Бородкин А.Е. Риск-ориентированный подход оценки качества воды малых рек, как перспективное направление устойчивого развития урбанизированных территорий (на примере реки Которосль г. Ярославля) // Устойчивое развитие: наука и практика: международный электронный журнал. – 2015. – №2 (15). – URL: – www.yrazvitie.ru.
 17. Павлова Э.А., Бородкин А.Е., Фоменко Г.А. Интеграция рисков здоровью населения в водохозяйственном планировании на примере реки Которосль // Шестьдесят девятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2016 г., Ярославль: сб.

- материалов конф. – Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. – С. 1032-1036. – URL: http://www.ystu.ru/download/Sbornik_materialov_69_Conf_2016.pdf.
18. Фоменко Г.А., Бородкин А.Е. Интегральные риски и риски здоровью населения в природоохранном менеджменте в условиях транзита к новой экономике (на примере промышленных зон г. Ярославля) // **Проблемы региональной экологии**. – 2016. – № 1. – С. 66-76.
19. Фоменко Г.А., Бородкин А.Е., Меркулова Л.К., Павлова Э.А. Включение в водохозяйственное планирование инструментария оценки рисков здоровью населения (на примере бассейна реки Которосль) // **Проблемы региональной экологии**. – 2016. – № 3 – С. 142-149.
20. Бородкин А.Е. Медико-географическая оценка территории Ярославской области по степени неканцерогенной опасности для населения // **Известия Российской академии наук. Серия географическая**. – 2016. – № 6. – С. 156-161.
21. Фоменко Г.А., Бородкин А.Е. Риск-ориентированный подход в решении системных проблем урбанизированных территорий (на примере промышленных зон г. Ярославля) // Хартия Земли – практический инструмент решения фундаментальных проблем устойчивого развития: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию реализации принципов Хартии Земли в Республике Татарстан (Казань, 27-28 октября 2016 г.). – Казань: Татар. кн. изд-во, 2016. – С. 236-240.
22. Бородкин А.Е. Перспективы доказательной оценки риска здоровью населения староосвоенных регионов России и особенности выбора индикаторной экологически обусловленной заболеваемости (на примере Ярославской области) // **Здоровье человека и окружающая среда: сб. науч. работ. Вып. 2.** – Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. – С. 12-15.
23. Бородкин А.Е. Медико-географические особенности субрегионального зонирования по сравнительной неканцерогенной опасности (по Ярославской области) / А.Е. Бородкин // **Безопасность здоровья человека: электронный научный журнал**. – 2016. – №2. – С. 17-30 – URL: <http://sohhj.ru/publication/2-2016-bezopasnost-zdorovya-cheloveka>.