

УДК 504.75; 624.131

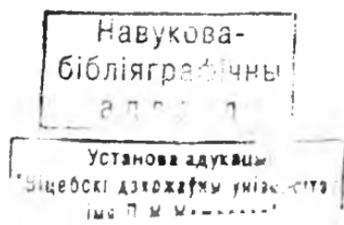
Красовская  
Ирина Анатольевна

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
ТЕРРИТОРИИ г. ГОМЕЛЯ**

Специальность 25.00.36 – геоэкология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2005



Работа выполнена на кафедре инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова и кафедре географии УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова» (Республика Беларусь)

**Научный руководитель:**

доктор геолого-минералогических наук,  
профессор **В.А. Королев**

**Официальные оппоненты:**

доктор геолого-минералогических наук,  
профессор **Г.Л. Кофф**;  
кандидат геолого-минералогических наук  
**А.Д. Жигалин**

**Ведущая организация: ВСЕГИНГЕО**

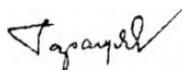
Защита диссертации состоится 6 июня 2005 г. в 16 час 30 мин на заседании диссертационного совета Д 501.001.30 при Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова по адресу: Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, аудитория 415.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке геологического факультета МГУ, зона «А», 6 этаж.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просим направлять по адресу: 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, геологический факультет, ученому секретарю диссертационного совета, профессору Л.С. Гарагуле.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2005 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор геолого-минералогических наук,  
профессор



Л.С. Гарагуля

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Рост урбанизации, сопровождающийся активизацией природных процессов и явлений, приводит к значительным изменениям окружающей, в т.ч. геологической среды. Эти изменения часто происходят со скоростью значительно превышающей способность организмов адаптироваться в соответствии с изменившейся обстановкой. Экологический кризис представляет собой реальную опасность; практически в каждом регионе стремительно развиваются различные кризисные ситуации. Состояние экосистем в пределах урбанизированных территорий определяется интегральным состоянием всех абиотических сред, а также социально-экономическими факторами. Выражение влияния состояния геологической среды через биогеохимические и другие критерии, показатели здоровья населения до сегодняшнего дня остается проблематичным. Решение этого вопроса напрямую связано со специфическим видом познавательной деятельностью человека – с оценкой.

В настоящее время методика эколого-геологической оценки урбанизированных территорий остается все еще не достаточно разработанной. Это подтверждается как существующими нормативно-методологическими документами, так и множеством публикаций в научной литературе, посвященных этой проблеме. Главным недостатком в области эколого-геологических оценок является отсутствие обобщающих понятий, согласованных представлений, общих принципов и методик их определения.

**Связь работы с крупными научными программами, темами.** В основу диссертационной работы положены результаты, полученные автором при выполнении научно-исследовательской работы по заданию 08 региональной научно-технической программы по Гомельской области «Оценить состояние и дать прогноз изменения инженерно-геологических условий территории г. Гомеля под влиянием техногенной нагрузки» в составе коллектива научно-исследовательской лаборатории «Мониторинг геологической среды» геолого-географического факультета Гомельского госуниверситета им. Ф. Скорины

**Цель и задачи исследования.** Целью работы являлась оценка состояния эколого-геологических условий территории г. Гомеля. Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Дано обоснование выбора территории апробации теоретических построений и представлена ее развернутая характеристика, определяющая экологические функции литосферы.
2. Определены границы, пространственное положение, строение и эволюция эколого-геологической системы территории г. Гомеля.
3. Проведен анализ источников техногенного воздействия на территории г. Гомеля и создан комплект карт ареалов концентраций основных загрязнителей геологической среды.

4. Установлены факторы устойчивости геологической среды г. Гомеля к техногенному загрязнению. Дано обоснование принципов и методики районирования урбанизированных территорий по степени устойчивости геологической среды.
5. Проведена оценка техногенной измененности геологической среды г. Гомеля.
6. Определены наиболее значимые из воздействующих на основные биотические компоненты факторов геологической среды с доведением цепи межкомпонентных связей до конечного звена – состояния здоровья населения города.
7. Выявлена взаимосвязь в бинарной системе «население – геологическая среда», выраженная соответствием пространственного распределения качественных и количественных медико-санитарных показателей и параметров современного состояния эколого-геологических условий.
8. Разработаны состав, структура и содержание оценки состояния эколого-геологических условий, позволяющей учитывать тематические, пространственные и динамические эколого-геологические критерии.
9. Предложена методика построения карты состояния эколого-геологических условий урбанизированной территории, основанная на оценке современного состояния экологических функций литосферы и биотического компонента в целом.

**Объект и предмет исследования.** В качестве объекта исследований выступали верхние горизонты литосферы территории г. Гомеля как абиотический компонент эколого-геологической системы урбанизированной территории. Предметом исследований являлись функциональные связи в системе «техногенно измененная литосфера – биота».

**Методология и методы проведенного исследования.** Выполненная работа базируется на принципах и методах нового направления геологических наук – экологической геологии. Основными методами исследования являлись системный анализ, функциональный подход, а также полевые, лабораторные эксперименты, современные статистические и картографические методы обработки и представления информации.

**Научная новизна и значимость полученных результатов.** В процессе оценки состояния эколого-геологических условий территории г. Гомеля были получены следующие новые научные результаты:

1. Составлены карты инженерно-геологического районирования, частные карты эколого-геологических условий, измененности геологической среды, а также карта состояния эколого-геологических условий территории г. Гомеля.
2. Впервые разработана типизация источников техногенного воздействия г. Гомеля, каждый из которых характеризуется конструктивно-функциональными особенностями, положением и направленностью

воздействия в пространстве, размерами зоны воздействия, характером и продолжительностью воздействия.

3. Выявлена взаимосвязь в бинарной системе «население – геологическая среда», выраженная соответствием пространственного распределения качественных и количественных медико-санитарных показателей и параметров современного состояния эколого-геологических условий.
4. Разработаны состав, структура и содержание оценки состояния эколого-геологических условий, позволяющей учитывать тематические, пространственные и динамические эколого-геологические критерии, основанной на анализе легко доступной информации официальной статистики.
5. Предложена новая методика построения карты состояния эколого-геологических условий урбанизированной территории, основанная на оценке современного состояния экологических функций литосферы и биотического компонента в целом, позволяющая качественно и количественно отразить наиболее значимые факторы геологической среды и пути их воздействия на условия проживания городского населения.

**Практическая значимость полученных результатов.** Результаты исследований представляют собой составную часть комплекса практических мер, направленных на оптимизацию процесса территориального планирования и управления развитием городских агломераций. Они могут быть использованы администрациями, проектными и изыскательскими организациями городов для принятия проектных решений при капитальном строительстве и реконструкции зданий и сооружений, областными комитетами природных ресурсов и охраны окружающей среды при создании системы мониторинга геологической среды городов, а также служить информационной базой при обосновании и разработке региональной экологической политики.

***Основные положения диссертации, выносимые на защиту:***

1. Впервые для урбанизированной территории, подвергшейся значительному техногенному воздействию, разработаны состав, структура и содержание оценки состояния эколого-геологических условий, заключающейся в последовательном использовании и взаимном учете тематических, пространственных и динамических эколого-геологических критериев, выборе наиболее значимых из воздействующих на основные биотические компоненты факторов с доведением цепи межкомпонентных связей до конечного звена – состояния здоровья населения города, для рассмотрения которого в качестве одного из основных интегральных показателей, отражающего состояние окружающей, в том числе и геологической среды, учтены результаты комплексного анализа медико-санитарных показателей.

2. Выявлена взаимосвязь в бинарной системе «население – геологическая среда», выраженная соответствием (соотношением) пространствен-

ного распределения качественных и количественных медико-санитарных показателей и параметров современного состояния эколого-геологических условий, учитывающая, что для каждой отдельной эколого-геологической обстановки определяющими являются не отдельные компоненты геологической среды, а их комплекс, состояние которого выражает поражающее действие техногенных источников.

3. Предложена новая методика построения карты состояния эколого-геологических условий урбанизированной территории, основанная на оценке современного состояния экологических функций литосферы и биотического компонента в целом, заключающаяся в последовательном наборе и минимизации числа признаков и определении границ разделения многомерных совокупностей путем дискриминантного анализа, позволяющая качественно и количественно отразить наиболее значимые факторы и пути их воздействия на условия проживания городского населения.

**Источники и личный вклад соискателя.** Диссертация является результатом многолетних исследований автора за время работы на геолого-географическом факультете и учебы в аспирантуре Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины в период с 1994 по 2001 г.г., а также работы на кафедре географии Витебского государственного университета им. П.М. Машерова в 2001-2004 г.г. В основу диссертации положены материалы, полученные при непосредственном участии автора в ходе проведения комплекса полевых геолого-геофизических работ на территории г. Гомеля в период с 1994 по 2000 г.г. Исследования проводились с помощью современных полевых и лабораторных методов, для обработки результатов использованы геоинформационные (ГИС) технологии. Исследования дополнены анализом фондовых материалов Гомельского госуниверситета (1990-2000 г.г.), ПО «Белгеология» (1983-1994 г.г.), Белорусского научно-исследовательского центра «Экология» (1994 г.) и отдела здравоохранения Гомельского горисполкома (1993-2001 г.г.). Математическая обработка фактологической информации выполнялась автором с использованием прикладного пакета программ «SURFER», статистические расчеты – при помощи программного продукта «STATISTICA-6.0». Моделирование геологической среды осуществлено на основе специализированного программного обеспечения Российского предприятия «CREDO-GEO» (Санкт-Петербург), установленного и функционирующего в лаборатории «Мониторинг геологической среды» Гомельского госуниверситета им. Ф. Скорины. Корректировка моделей и оформление картографических материалов осуществлялось на базе программных пакетов «Photoshop» и «CorelDRAW». Комплексное сочетание этих методов позволило получить надежные и достоверные научные результаты.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения диссертации докладывались на научно-технической конференции, посвященной 70-летию БелНИИ РИ, «Минерально-сырьевая база Республики Беларусь:

состояние и перспективы» (Минск, 1997), международной научно-практической конференции «Экология и молодежь. Исследования экосистем в условиях радиоактивного и техногенного загрязнения окружающей среды» (Гомель, 1998), научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь и экологические проблемы современности» (Гомель, 1999), международной научно-практической конференции «Региональные проблемы социально-экономического и геоэкологического развития Беларуси и сопредельных территорий» (Могилев, 2002), международной научной конференции «Экологическая геология и рациональное недропользование (Экогеология – 2003)» (Санкт-Петербург, 2003), сессиях Научного совета РАН «Сергеевские чтения» (Москва, 2003, 2004), всероссийской конференции с международным участием «Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов» (Архангельск, 2004), международной научной конференции, посвященной 70-летию географического факультета БГУ (Минск, 2004), международной научно-практической конференции «Экология фундаментальная и прикладная: Проблемы урбанизации» (Екатеринбург, 2005). Результаты работы неоднократно обсуждались на научных семинарах кафедры геологии и разведки полезных ископаемых Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины (1994-2001), кафедры географии Витебского государственного университета им. П.М. Машерова (2002-2005). Результаты исследований обсуждались на научных конференциях преподавателей и сотрудников Витебского государственного университета им. П.М. Машерова (2003, 2005) и кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (2003).

**Публикации результатов.** Основные положения и выводы работы были изложены в 21 публикации, в том числе: в 6 статьях в научных журналах, в 3 статьях в научных сборниках, в 11 статьях в сборниках материалов конференций, в 1 тезисах докладов на конференциях. Общее количество страниц опубликованных материалов – 102.

**Структура и объем диссертации.** Работа состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы общим объемом 197 страниц машинописного текста. Содержит 42 рисунка, 18 таблиц. Список использованной литературы включает 196 наименований.

Работа выполнена под руководством доктора геолого-минералогических наук, члена-корреспондента РАН, профессора В.А. Королева, которому автор глубоко признателен. Автор приносит глубокую благодарность кандидату геолого-минералогических наук, доценту А.Н. Галкину за всестороннюю поддержку и помощь на всех этапах выполнения работы. Автор также выражает искреннюю благодарность сотрудникам геолого-географического факультета Гомельского госуниверситета им. Ф. Скорины, Витебского госуниверситета им. П.М. Машерова и коллективу кафедры инженерной и экологической геологии МГУ им. М.В. Ломоносова за внимание, участие в обсуждении и ценные рекомендации и замечания, которые способствовали завершению работы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В *первой главе* анализируется состояние проблемы, приводится обзор литературных источников по изучаемому вопросу. Теоретические и прикладные аспекты решения различных геоэкологических и эколого-геологических проблем на урбанизированных территориях нашли свое отражение в работах, Г.А. Голодковской, А.Д. Жигалина, Ю.О. Зезгофера, Д.Г. Зилинга, В.А. Королёва, И.И. Косиновой, Ф.В. Котлова, Г.Л. Коффа, В.И. Осипова, А.Л. Рагозина, В.Т. Трофимова и др.

Основные подходы, понятийная и методическая база к созданию карт оценки устойчивости геологической среды отражены в работах Т.И. Аверкиной, Д.Л. Арманд, В.Е. Афанасенко, Г.А. Барабошкиной, Л.В. Бахиревой, В.Л. Бочарова, С.Н. Булдовича, А.С. Герасимовой, Г.А. Голодковской, Т.Я. Емельяновой, В.Г. Заиканова, Д.Г. Зилинга, Л.С. Кожевниковой, В.А. Королёва, Г.Л. Коффа, Н.С. Красиловой, В.С. Круподерова, В.В. Кюнцеля, А.В. Минервица, В.И. Осипова, В.Н. Островского, А.Л. Ревзона, Л.А. Строковой, В.Т. Трофимова и др.

В настоящее время в пределах Республики Беларусь выполнен ряд работ, касающихся оценки устойчивости природной среды к техногенным воздействиям (Аношко Я.И., Вадковская И.К., Губин В.Н., Денисова Н.Ю., Жогло В.Г., Калинин М.Ю., Капельщиков И.А., Колпацников Г.А., Коркин В.Д., Лукашев К.И., Лукашев В.К., Михунов А.М., Новиков Г.В., Петухова Н.Н., Пинчук А.П., Романов С.Л.). Работы белорусских исследователей отражают, в основном, современное состояние техногенно измененных ландшафтов, эколого-геохимической обстановки, гидрогеологических условий отдельных регионов с целью оценки их устойчивого развития, а также проявление инженерно-геологических процессов и т.д. Тем не менее, результаты эколого-геологических работ показывают отсутствие комплексного подхода в оценке устойчивости урбанизированных территорий с точки зрения экологических функций литосферы.

В большинстве современных публикаций, говоря об изменениях геологической среды (эколого-геологических систем), подразумевают только техногенные изменения, не учитывая при этом изменения, происходящие в результате природной эволюции экосистем.

Примеры построения эколого-геологических карт территорий дают во многих случаях значительные результаты. В то же время степень влияния учитываемых одновременно действующих в данный момент параметров на жизнь человека определить исключительно сложно. Использование интегральных оценок подразумевает учет многих показателей, которые обладают разным весом, играют различную роль во взаимодействии с природным комплексом и техническими системами. Наложение факторов или суммирование баллов, даже с каким-либо коэффициентом значимости

фактора, зачастую приводит к неоправданному усилению влияния одного параметра, и недоучету действия другого.

Существующий опыт проведения эколого-геологических оценок позволяет осуществлять выбор наиболее значимых из воздействующих на основные биотические компоненты факторов в основном на качественной основе, не позволяя тем самым доводить цепи межкомпонентных связей до конечного звена — состояния здоровья населения города.

Некоторые исследователи в качестве интегральной оценки выбирают какой-либо индикатор общего состояния территории. Критерием такой оценки могут служить различные показатели здоровья человека (продолжительность жизни, заболеваемость, число долгожителей и т.п.). В правильности такого подхода сложно сомневаться. Однако основной недостаток этого вида индикации заключается в значительном запаздывании получаемой информации относительно состояния среды. Особенно усугубляется ситуация в случае действия самых разных факторов (загрязнителей) в малых дозах. Эффекты такого воздействия могут появиться со столь значительным запаздыванием, что связать их с определенным воздействием иногда просто невозможно. Кроме того, не всегда можно найти прямую зависимость между неблагоприятным состоянием среды и конкретной заболеваемостью. И хотя, на наш взгляд, именно эти показатели могут приблизить к решению проблемы, обращаться с ними следует с большой осторожностью.

**Вторая глава** посвящена характеристике геологической среды территории г. Гомеля и ее экологических функций.

Геологическая среда Гомельской городской агломерации сформировалась в процессе длительного геологического развития территории, которое обусловило пространственное распространение пород различного возраста и генезиса, разного состава и состояния, с различными свойствами, характер рельефа, особенности гидрогеологических условий, количество и мощность водоносных горизонтов, их взаимосвязь друг с другом. Все это предопределило внутреннюю сложность структуры геологической среды и специфику современного проявления ее экологических функций, определяющих степень (уровень) благоприятности и возможности проживания живых организмов, в том числе городского населения.

Пространственные закономерности изменения параметров геологической среды выявлены и изучены при проведении естественно-исторического инженерно-геологического районирования. Анализ инженерно-геологических условий территории г. Гомеля показал, что нижняя граница зоны влияния техногенных воздействий на компоненты геологической среды в основном определяется глубиной залегания слабопроницаемой, выдержанной по простиралиню песчано-глинистой толщи эоцена-

олигоцена (киевская и харьковская свиты), рассматриваемой как региональный относительный водоупор.

В соответствии с общей схемой инженерно геологического районирования Восточно-Европейской платформы, территория Гомеля и его окрестностей расположена на стыке двух геоморфологических районов, в связи с чем, нами выделены две инженерно-геологические области. **Область А** отвечает Чечерской морено-запрудной равнине, **область Б** – унаследованного развития речных долин, совпадающая с границами современной долины реки Сож и ее притоков. Дальнейшее районирование территории нами проведено на уровне инженерно-геологических районов, при выделении которых учитывались строение, состав и мощность пород четвертичного возраста. На территории Гомеля в пределах описанных выше областей выделено 9 групп инженерно-геологических районов, характеризующихся различной спецификой проявления экологических функций геологической среды.

Анализ результатов региональных исследований свидетельствует о следующем.

1. В пределах территории г. Гомеля активное проявление имеет **ресурсная экологическая функция** геологической среды, что влечет за собой ее интенсивное использование, выраженное в длительном градостроительном освоении, усложнении инженерных сетей, изменении ландшафтов. Территория Гомеля обладает значительными ресурсами пресных подземных вод. В естественных условиях в зоне активного водообмена (главным образом, четвертичный и палеогеновый водоносные комплексы) формируются воды преимущественно гидрокарбонатного состава, используемых в целях водоснабжения города. Геологическое пространство на исследуемой территории используют для расширения площадей зеленых насаждений различного функционального назначения и рекреационных зон.

2. Для территории г. Гомеля характерен равнинный, в целом слабо-расчлененный аккумулятивный или в меньшей степени денудационный рельеф, наличие хорошо разработанной широкой речной долины Сожа. Абсолютные отметки современного рельефа колеблются от 116-130 до 138-142 м, иногда выше. Около 40 % территории (в основном в долине р. Сож) имеет абсолютные отметки менее 125 м. Наиболее высокие абсолютные отметки рельефа (более 142 м) свойственны морским равнинам.

Особенности рельефа изучаемой территории, а также литологический состав поверхностных отложений способствует проявлению **геодинамической экологической функции** литосферы, которое заключается в развитии разнообразных, но, в тоже время, специфических современных геологических процессов и явлений, влияющих на экосистемы. Одни из них имеют чрезвычайно широкое площадное распространение (заболоченность, подтопление территории, сезонное промерзание и протаивание грунтов и др.), другие приурочены к участкам различных по возрасту и гезисису рав-

ниц, прилегающих непосредственно к руслу р. Сож (интенсивное развитие боковой и овражной эрозии, крипов и другие склоновые процессы). Все они оказывают определенное воздействие на экосистемы города.

3. Широкое развитие четвертичных пород различного генезиса, представленных, в основном, песчаными и глинистыми разностями с фрагментами покровных лессовидных и торфяных образований способствует развитию в пределах города дерново-подзолистых, дерново-подзолистых супесчано-суглинистых в разной степени оподзоленных, торфяно-болотных, аллювиальных и др. типов почв, что определяет специфику проявления **геохимической экологической функции литосферы**.

4. Наличие в геологическом строении территории аллювиальных заиленных супесчано-суглинистых грунтов, приуроченных к пойменным понижениям, формирует на территории Гомеля весьма повышенные естественные значения  $\gamma$ -фона (до  $0,10 \text{ Ки/км}^2$ ), а залегание с поверхности моренных супесей и суглинков приводит к незначительному повышению на локальных участках плотности потока естественного  $\alpha$ -излучения (до 3-5 мин/см<sup>2</sup> мин), что в целом отражает специфику проявления **геофизической экологической функции** геологической среды.

Таким образом, инженерно-геологические условия территории Гомеля сложные, весьма специфичные и существенно не одинаковые в разных ее частях, что и определяет особенности проявления тех или иных экологических функций геологической среды.

*Третья глава* посвящена подробному анализу техногенных воздействий на геологическую среду г. Гомеля, в результате которого выполнены функциональное зонирование его территории, типизация техногенных воздействий, как техногенной составляющей эколого-геологической системы, а также разработаны критерии оценки состояния эколого-геологических условий, обусловленных проявлением геофизической и геохимической экологических функций.

В результате суммарного наложения различного рода воздействий на территории Гомеля сложился уникальный тип эколого-геологической системы, где геологическая среда подвергается весьма интенсивной техногенной трансформации, а ее состояние оценивается спецификой проявления ресурсной, геофизической, геохимической, геодинамической экологических функций литосферы. В результате анализа техногенных воздействий сделаны следующие выводы.

1. Согласно функциональному зонированию основной частью пространственной организации города являются промышленная и селитебная зоны, отличающиеся между собой как степенью негативного воздействия на состояние всех компонентов эколого-геологической системы, так и санирующими функциями.

2. В настоящее время в Гомеле сформировался специфический комплекс техногенных воздействий на эколого-геологическую систему города. При этом основной вклад в формирование эколого-геологической обстановки вносят физическое, химическое и биологическое загрязнения, в результате чего в наибольшей степени трансформируются геофизическая и геохимическая экологические функции литосферы.

3. В формировании физического загрязнения главную роль играют искусственные радиационное, акустическое (шумовое), температурное и электрическое поля.

4. Комплексная суммарная оценка радиационного загрязнения позволила выделить в пределах г. Гомеля три зоны, характеризующиеся различным уровнем трансформации экологических функций и техногенного воздействия: низкого уровня (70 % территории) с фоновым уровнем гамма-излучения в приземном слое воздуха, небольшим загрязнением грунтов по цезию-137 (до  $0,5 \text{ Ки/км}^2$ ) и низкими значениями суммарной годовой дозы до  $0,2 \text{ мЗв/год}$ ; умеренно опасного уровня (20 % территории) с загрязнением грунтов по цезию-137 до  $2 \text{ Ки/км}^2$  и суммарной годовой дозой в пределах  $0,2-0,5 \text{ мЗв/год}$ ; опасного уровня (10 % территории) с плотностью загрязнения цезием-137  $2-5 \text{ Ки/км}^2$  и более и суммарной годовой дозой  $0,5-1,0 \text{ мЗв/год}$  и более.

5. Анализ пространственных и частотных характеристик шумового воздействия в Гомеле и определение размеров формируемых ими зон воздействия свидетельствует, что основными источниками являются транспортные магистрали. Более 75 % городской территории испытывают акустические нагрузки на  $5-10 \text{ дБ (А)}$  выше нормативных, а 10 % территории зашумлены сверх нормы на 20 и более  $\text{дБ (А)}$ , определяя пространственное положение зоны опасного уровня воздействия.

6. Установленные в пределах города особенности температурного режима позволяют сделать вывод, что при фоновой температуре грунта, равной приблизительно  $7 \text{ }^\circ\text{C}$ , в черте города наблюдается ряд устойчивых аномалий, характеризующихся повышенными (на  $2-5 \text{ }^\circ\text{C}$  выше фона) значениями температуры грунтовых толщ, вызванные существованием техногенной нагрузки и имеющие локальное распространение.

7. Схематическая карта оценки степени потенциальной коррозионной опасности для г. Гомеля показывает, что основная часть территории представляет собой область с преобладанием средней (62 % от всей площади, занятой городом) и высокой (24 %) степени коррозионной опасности. На долю отдельных разрозненных участков с низкой степенью коррозионной опасности приходится лишь незначительная часть (около 5 %) общей территории. В пределах городской черты коррозионная активность грунтов, а, следовательно, и степень коррозионной опасности, зависят, в первую очередь, от литологического состава грунтов и наличия или отсутствия подтопления. Участки, отмечаемые как зоны высокой степени кор-

розионной опасности, характеризуются распространением моренных и флювиогляциальных отложений.

8. Химическое воздействие является доминирующим фактором в комплексе техногенных воздействий, формирующих эколого-геологическую обстановку г. Гомеля, приводит к возникновению различных уровней трансформации геохимической функции литосферы. По типу воздействия на территории города и его окрестностей ярко выражено загрязнение почв, горных пород и подземных вод.

9. Проведена оценка загрязнения верхних горизонтов литосферы, на основе которой составлена серия схематических карт, отражающих поэлементное содержание токсичных веществ в почвах и других грунтах, и карта суммарного загрязнения химическими элементами. Анализ карт показал, что загрязнение почв и других грунтов на территории г. Гомеля до опасных уровней приурочены, главным образом, к промплощадкам и ближайшим зонам их воздействия, а также к центральной части города. Установлено, что в качестве основных элементов-загрязнителей в городе выступают тяжелые металлы, сульфат- и хлорид-ионы, нитраты, фосфаты, ионы  $F^-$ ,  $K^+$  и  $Na^+$ , а также нефтепродукты. Это обусловлено, прежде всего, спецификой промышленного производства, а также наиболее высоким содержанием выделенных элементов в компонентах геологической среды, всесторонним их воздействием на почвы и другие грунты, подземные воды и некоторыми геохимическими особенностями поведения в эколого-геологической обстановке.

10. Разработана классификация техногенного воздействия на эколого-геологическую систему г. Гомеля, объединяющая все возможные виды и разновидности воздействия, которая может служить основой для оценки измененности геологической среды, а также проведения оценки состояния эколого-геологической системы в комплексе природоохраняющих мероприятий.

11. Разработаны критерии оценки состояния эколого-геологических условий, обусловленных проявлением геофизической и геохимической экологических функций, которые являются необходимой составляющей в ходе оценки состояния эколого-геологических условий изучаемой территории (табл. 1).

В *четвертой главе* приводятся результаты оценки техногенной измененности геологической среды г. Гомеля.

Принимая во внимание тот факт, что энергия техногенной составляющей эколого-геологической системы изменяет состав и качество геологической среды в прямой зависимости от степени ее устойчивости к техногенным воздействиям, оценка измененности геологической среды проведена на основе выделения территорий различной степени устойчивости.

При этом были учтены следующие факторы: тип грунтовой толщи, глубина залегания грунтовых вод и степень их защищенности, средние ук-

лоны поверхности, а также типы и водный режим почв и условия геохимической миграции химических элементов и радионуклидов.

Оценка техногенной измененности геологической среды позволила выделить три категории земель.

Неизмененных или ненарушенных земель на территории городской агломерации нет. Слабоизмененные (слабонарушенные) участки характеризуются наследованием состава, структуры и специфики проявления экологических функций геологической среды, близким ее естественному состоянию. Зона техногенных воздействий по сравнению с другими районами города здесь маломощна и прерывиста.

Площадь распространения этих участков незначительна, они выделены лишь на отдельных территориях. Для них характерна низкая и частично средняя степень устойчивости геологической среды, способствующая возникновению как поверхностного, так и подземного загрязнения. Несмотря на это, положение участков преимущественно в рекреационной зоне, приуроченной к пойме р. Сож, а также на окраине города вблизи лесных массивов, позволяет оставаться им слабоизмененными. Это - незастроенные территории, используемые в основном в качестве зоны отдыха и лишь частично под застройку усадебного типа.

К слабоизмененным территориям приурочено распространение преимущественно естественных геологических процессов. Наибольшей трансформации здесь подвержены геофизическая и геохимическая функции геологической среды, характеризующиеся умеренно опасным и низким уровнем техногенного воздействия, соответственно. Территории подвержены радиационному загрязнению, шумовым воздействиям, в незначительной степени проявляется химическое загрязнение грунтов зоны аэрации. В южной части города в паводковый период существует некоторая опасность возникновения биологического загрязнения.

Среднеизмененные условия в пределах города характеризуются значительным площадным распространением. Характер преобразования геологической среды в значительной степени зависит от вида хозяйственного освоения территорий. При этом если слабонарушенные участки, как правило, не меняют своей устойчивости, то средние нарушения иногда сопровождаются ее снижением.

Средние изменения геологической среды преобладают в западных, северо-западных и на небольшой территории в северном районах города, расположенных в пределах водно-ледниковой и моренно-зандровой равнины. Территория имеет как большое промышленное, так и селитебное значение. В ее пределах расположены крупные транспортные магистрали,

Таблица 1

**Критерии оценки состояния эколого-геологических условий, обусловленных проявлением геофизической и геохимической экологических функций на территории г. Гомеля**

Определяемые показатели	Значения показателей в ненарушенных условиях	ПДК	Уровень трансформации экологических функций и техногенного воздействия		
			низкий	умеренно опасный	опасный
Содержание цезия-137 в грунтах зоны аэрации	менее 0,10 Ки/км <sup>2</sup>	1 Ки/км <sup>2</sup>	менее 0,2 Ки/км <sup>2</sup>	0,2-1,0 Ки/км <sup>2</sup>	1,0 Ки/км <sup>2</sup> и более
Суммарное радиационное воздействие	менее 0,5 Ки/км <sup>2</sup>	1 Ки/км <sup>2</sup>	менее 0,5 Ки/км <sup>2</sup>	0,5-2,0 Ки/км <sup>2</sup>	2,0 Ки/км <sup>2</sup> и более
Суммарная радиационная годовая доза	менее 0,2 мЗв/год	1 мЗв/год	менее 0,2 мЗв/год	0,2-0,5 мЗв/год	0,5 мЗв/год и более
Акустическое воздействие	менее 30 дБ(А)	35 дБ(А)	менее 35 дБ(А)	35-80 дБ(А)	80 дБ(А) и более
Содержание подвижных форм в грунтах зоны аэрации:					
цинка	10,0 мг/кг с учетом кларка	23 мг/кг с учетом кларка	10-20 мг/кг	20-40 мг/кг	более 40 мг/кг
меди	1,5 мг/кг с учетом кларка	3,0 мг/кг с учетом кларка	менее 1,0 мг/кг	2,0-4,0 мг/кг	более 4 мг/кг
хрома	2,9 мг/кг с учетом кларка	6,0 мг/кг с учетом кларка	менее 4,0 мг/кг	4,0-8,0 мг/кг	более 8,0 мг/кг
Содержание водорастворимой формы фтора в грунтах зоны аэрации	0,46-7,8 мг/кг с учетом кларка	10,0 мг/кг с учетом кларка	менее 4,0 мг/кг	4,0-8,0 мг/кг	более 8,0 мг/кг
Валовое содержание в грунтах зоны аэрации:					
свинца	12 мг/кг с учетом кларка	30,0 мг/кг с учетом кларка	менее 20 мг/кг	20-30 мг/кг	более 30 мг/кг
ртути	0,01-0,1 мг/кг с учетом кларка	2,1 мг/кг с учетом кларка	менее 0,1 мг/кг	0,1-0,5 мг/кг	более 0,5 мг/кг
кадмия	0,2-0,4 мг/кг с учетом кларка		менее 0,1 мг/кг	0,1-0,2 мг/кг	более 0,2 мг/кг
Содержание нефтепродуктов в грунтах зоны аэрации			менее 200 мг/кг	200-400 мг/кг	более 400 мг/кг

участки железных дорог, зоны специального использования (больницы, скверы и пр.), а также коммунально-складская зона. Вследствие этого рельеф здесь в значительной мере спланирован, а большие площади поверхности покрыты асфальтом. Незастроенными остаются отдельные участки и зоны индивидуальной застройки.

Среднеизмененные земли имеют в основном среднюю и низкую степень устойчивости, что приводит к возникновению умеренно-опасных, часто опасных уровней физического и химического загрязнений грунтов зоны аэрации, поверхностных и подземных вод. В западной части этой зоны наряду с промышленными предприятиями расположены кварталы индивидуальной застройки с приусадебными участками, поэтому здесь существует опасность возникновения биологического загрязнения.

Другая часть, подверженная средним изменениям, приурочена к современной пойме р. Сож и ее надпойменным террасам, располагаясь преимущественно в рекреационной зоне. Выделяются лишь отдельные жилые массивы и территории специального назначения (больницы, парк, скверы и пр.). В южной части города к категории средне-измененных относится жилой массив с включениями промышленных предприятий и большим транспортным узлом.

Низкая устойчивость геологической среды в этой части города приводит к значительной трансформации ее экологических функций. Здесь зафиксированы значительные по площади участки шумового воздействия, радиационного и химического загрязнения, достигающие умеренно опасного и опасного уровней. Загрязненными оказываются поверхностные и подземные воды, почвы и другие грунты зоны аэрации. На отдельных территориях в паводковый период возможно возникновение биологического загрязнения.

В наибольшей степени изменениям подвержена центральная часть города, приуроченная к морено-зандровой равнине, и участки с развитием техногенных грунтов в северной и южной частях поймы р. Сож. Это исторический центр города с асфальтированными улицами и большая часть его промышленной зоны с мощной разветвленной транспортной сетью, крупными промышленными предприятиями и жилыми массивами с централизованной системой водоснабжения. В северной части территории, выделяемой как сильнонарушенная, приурочены участки наиболее измененного в пределах города рельефа.

Средняя и частично высокая степень устойчивости геологической среды ограничивает проникновение химического и физического загрязнения в подземные воды. Здесь зафиксированы мощные аномалии химического загрязнения грунтов зоны аэрации, загрязнены также поверхностные воды. К озерно-болотным понижениям приурочены умеренно-опасные и опасные уровни радиационного загрязнения. Максимальных уровней в центральной части достигает шумовое

воздействие. Происходит консолидация намывных грунтов и подстилающих их сильносжимаемых пород.

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует, что слабоизмененными в пределах города остаются лишь незначительные пойменные участки, а основная часть геологической среды испытывает существенные техногенные изменения. Инженерно-хозяйственная деятельность приводит к значительной трансформации и снижению качества экологических функций геологической среды, способствуя тем самым возникновению физического и химического загрязнения грунтов и подземных вод.

Полученные результаты использованы при дальнейшей оценке состояния эколого-геологических условий территории г. Гомеля, а карта измененности использована в качестве геологической основы при создании картографической модели состояния эколого-геологических условий (см. ниже).

*Пятая глава* работы посвящена характеристике эколого-геологической системы территории г. Гомеля, для раскрытия которой приведен анализ истории развития эколого-геологической системы, а также рассмотрено современное состояние фито- и зооценозов, а также медико-санитарное состояние населения города.

Гомель характеризуется сложившейся структурой городского хозяйства и промышленности. Его ландшафты претерпели серьезные антропогенные изменения и по существу являются вторичными или антропогенными.

Техногенные изменения геологической среды обусловили существенную трансформацию естественных биоценозов, изменение состава микро- и макроорганизмов, обитающих в почвах и других грунтах. На естественный ход развития растительного покрова г. Гомеля и его окрестностей наряду с природно-экологическими факторами, вызывающими природные изменения, существенное влияние оказывают техногенные (антропогенные) воздействия, вызывающие трансформацию экологических функций геологической среды. Основными из них являются факторы, приводящие к изменению состояния ресурсной и геодинамической экологических функций геологической среды: освоение земельных угодий под строительство различного рода инженерных сооружений и проявление неблагоприятных инженерно-геологических процессов. Эти факторы вызывают локальные изменения структуры естественных фитоценозов (продуктивности и видового состава), обратимую и необратимую смену фитоценозов, а также региональную динамику растительности и состава флоры.

В зависимости от специфики проявления современного состояния геофизической и геохимической экологических функций геологической

среды находятся многие физиологические процессы растений: в результате накопления токсичных концентраций соединений свинца, серы, хлора, окислов азота и др. разрушаются пигменты пластид, снижается фотосинтетическая активность растений, нарушается общий метаболизм и, как следствие, уменьшается прирост и появляются признаки страдания.

Техногенное воздействие города привело к коренному изменению растительного покрова – изменилась его доминантно-эдификаторная основа, структура и физиономичность; существенные изменения претерпели видовой состав флоры, отдельных фитоценозов и флоротопологических комплексов. В результате техногенной деятельности человека появились совершенно новые (искусственные) экотопы с искусственными группами, избыточным засолением, своеобразными геохимическим и гидрологическим режимами. При этом установлено формирование качественно новой урбанизированной природно-техногенной среды, отличающейся специфическими экологическими условиями, способствующими образованию в городе синантропных комплексов и ассоциаций растений, не имеющих аналогов в «дикой» природе.

Изучение влияния процессов урбанизации на мелких млекопитающих, проведенное на основании опубликованных данных, позволило констатировать, что городские зооценозы под влиянием антропогенной деятельности также претерпевают значительную трансформацию, выражающуюся в разрушении мест обитания, снижении биологического разнообразия, изменении динамики популяций выживших видов, патологических и адаптивных физиолого-биохимических реакциях отдельных организмов.

Для рассмотрения состояния здоровья населения г. Омеля как одного из основных его интегральных показателей, отражающего состояние окружающей, в том числе и геологической среды территории, были проведены комплексные исследования, включающие:

- изучение динамики во времени основных демографических процессов;
- сравнительный анализ уровня заболеваемости городского населения, населения района и области в целом по основным нозологическим формам;
- изучение динамики общей заболеваемости во времени;
- изучение структуры заболеваемости и отдельных ее видов;
- закономерности пространственной распространенности заболеваемости.

Исследования проведены с использованием статистических данных управления здравоохранения г. Омеля за период с 1993 по 2001 г.г., включающих число обращений граждан в различные медицинские учреждения города по 18 основным нозологическим формам.

Установлено, что медико-демографическая ситуация в Гомеле на протяжении изучаемого периода характеризовалась низкой рождаемостью, высокой смертностью и отрицательным естественным приростом населения. Сравнительный анализ данных о заболеваемости населения города, района и области в целом свидетельствует о том, что в условиях крупного промышленного центра экологические факторы в значительной степени определяют уровень и структуру заболеваемости.

Выявлена тенденция к увеличению показателей заболеваемости населения: рост заболеваемости населения за период 1993-2001 г.г. составил 9,5 %, в то время как численность населения возросла незначительно (около 1,4 %). За этот же период произошли изменения в структуре болезней взрослого населения (в т.ч. и подростков). Отмечено, что около трети всех заболеваний приходится на болезни органов дыхания, однако их удельный вес в указанный период снизился с 37,97 до 27,7 %. Произошло также снижение в общей заболеваемости доли болезней нервной системы (от 2,4 до 0,65 %). В то же время прослеживается значительное устойчивое увеличение числа новообразований (с 1,04 до 3,87 %), болезней системы кровообращения (с 9,4 до 12,2 %) и костно-мышечной системы (с 7,68 до 8,4 %). Результаты кластерного анализа показали, что в структуре заболеваемости городского населения на протяжении рассматриваемого периода обращения по болезням органов дыхания могут быть объединены в одну наиболее устойчивую группу, что напрямую может быть связано с состоянием окружающей среды, в первую очередь, атмосферного воздуха. В то же время, большую схожесть в общей структуре, обнаружили такие группы, как новообразования и болезни эндокринной системы, осложнения беременности и психические расстройства.

На основании картографической интерпретации распространенности заболеваемости взрослого населения сделан вывод о пространственном соотношении частоты общей заболеваемости по участкам, обслуживаемым различными медицинскими учреждениями, и территорий различного функционального использования.

На основе взаимного анализа числа обращений взрослого населения по основным нозологическим формам и прямым критериям оценки состояния эколого-геологических условий выявлено выраженное поражающее действие основных загрязнителей, которое проявляется в характере заболеваемости населения, что указывает на наличие тесных взаимосвязей в системе «население – геологическая среда». Так, например, значимая линейная связь (при значениях коэффициентов корреляции 0,5-0,8) выявлена между болезнями эндокринной системы (в т.ч. щитовидной железы), болезнями крови, костно-мышечной системы и др. и абсолютными значениями содержания в грунтах зоны аэрации цезия-137, подвижной формы цинка, меди, хрома, валового содержания свинца, ртути, кадмия, а также нефтепродуктов.

Установлено, что в исследуемом объеме числа обращений граждан существует значимая совокупная взаимосвязь между основными нозологическими формами заболеваний и прямыми критериями состояния эколого-геологических условий, на основании которых выделяются соответствующие уровни техногенного воздействия по содержанию в грунтах зоны аэрации цезия (коэффициенты корреляции  $R$  составляют от 0,40 до 0,67 в различных нозологических группах) и кадмия ( $R$  от 0,47 до 0,66). Аналогичные результаты получены при выделении соответствующих зон по содержанию хрома (0,42-0,54). Отмечено, что наличие достаточно сильной множественной линейной связи между рассматриваемыми величинами, не дает достаточного основания для принятия уравнения множественной регрессии в качестве математической модели, описывающей причинно-следственные связи в изучаемой эколого-геологической системе, качество которой определяется состоянием многих абиотических сред, в том числе и социально-экономическими факторами.

Применение факторного анализа позволило проследить общий характер поражающего действия отдельных факторов геологической среды в общей численности заболеваний. Так, например, содержание в грунтах зоны аэрации цезия-137 проявляется в увеличении количества обращений (по уменьшению значимости) по болезням органов дыхания, нервной системы, болезням системы кровообращения, щитовидной железы и эндокринной системы; свинца – в новообразованиях, болезнях органов пищеварения и системы кровообращения; кадмия – проявляется в увеличении числа болезней органов дыхания, врожденных аномалий, болезней органов пищеварения и системы кровообращения и др.

Статистическое изучение множественной корреляции числа обращений городского населения, проживающего в зоне с опасным уровнем трансформации экологических функций, выделяемой по каждому установленному фактору геологической среды, показало, что обращения по отдельным нозологическим формам наблюдаются значительно чаще при сочетании нескольких из воздействующих факторов. Величина значимых коэффициентов множественной корреляции при этом составила значения от 0,65 до 0,94. На основании этого сделан вывод о том, что для каждой отдельной эколого-геологической обстановки определяющими являются не отдельные компоненты геологической среды, а их комплекс, состояние которого выражается в поражающем здоровье населения действии.

В *шестой главе* приводится методика оценки состояния эколого-геологических условий урбанизированных территорий, а также результаты оценки состояния эколого-геологических условий территории г. Гомеля.

Предлагаемая методика оценки состояния эколого-геологических условий урбанизированных территорий заключается в последовательном ис-

пользовании и взаимном учете тематических, пространственных и динамических эколого-геологических критериев, выборе наиболее значимых из воздействующих на основные биотические компоненты факторов с доведением цепи межкомпонентных связей до конечного звена - состояния здоровья населения города.

Объектом исследований в процессе оценки служат эколого-геологические функции верхних горизонтов литосферы урбанизированной территории. Предметом – взаимосвязь техногенно измененной литосферы с биотой в пределах эколого-геологической системы, сформированной городской агломерацией.

В состав оценки урбанизированной территории входит несколько этапов, каждый из которых характеризуется объектом и целью исследований, соответствующими разделами выполняемых работ и их задачами, видами работ, источниками получения информации и конечным результатом. Оценка состояния эколого-геологических условий урбанизированной территории выполняется в три этапа.

На **первом этапе** работ создается информационная база, для чего производится сбор и инвентаризация всего существующего фактического материала. Работы выполняются по двум направлениям: подготовка топографической основы и сбор и систематизация фондовой, опубликованной, административной и статистической информации.

**Второй этап** комплексной оценки посвящен изучению современного состояния эколого-геологической системы территории. В процессе его реализации решаются следующие задачи:

- дается характеристика геологической среды и рассматривается специфика проявления ее экологических функций,
- определяются уровни трансформации экологических функций геологической среды под влиянием техногенных воздействий,
- оценивается современное состояние геологической среды,
- дается комплексная характеристика экосистем урбанизированной территории.

Завершающий, **третий этап** оценки состояния эколого-геологических условий урбанизированной территории посвящен непосредственно созданию картографической модели. Для этого в электронном варианте создается многомерный массив данных, включающий все прямые критерии оценки современного состояния геологической среды и городских экосистем, а также пространственное положение зон различного уровня трансформации экологических функций, выделенных по частным картам состояния эколого-геологических условий.

Затем путем дискриминационного анализа определяют границы разделения многомерной совокупности, качественно и количественно учитывая наиболее значимые факторы и пути их воздействия на условия существования фито- и зооценозов, проживания городского населения. Нанесение

полученных результатов на карту измененности геологической среды, используемую в качестве геологической основы, с учетом административных границ в пределах города – заключительные стадии создания математико-картографической модели, преимуществом которой является возможность внесения изменений и дополнений в исходную информацию, а также непосредственной корректировки модели с визуализацией на дисплее.

Окончательные результаты оценки состояния эколого-геологических условий оформляются в виде легенды к карте состояния эколого-геологических условий. Легенда содержит подробную характеристику классов состояния эколого-геологических условий территории, которая позволяет качественно и количественно отразить наиболее значимые из воздействующих факторы, а также пути их воздействия на условия функционирования фито- и зооценозов и проживания городского населения.

Таким образом, под оценкой состояния эколого-геологических условий понимается процесс составления на топографической основе постоянно действующей картографической модели, позволяющей оценить современное состояние экологических функций литосферы, а также экосистемы в целом или ее отдельных биотических составляющих с пространственным выделением классов состояния эколого-геологических условий и зон состояния экосистемы.

Предлагаемая методика построения карты состояния эколого-геологических условий урбанизированной территории основана на оценке современного состояния экологических функций геологической среды и биотического компонента в целом и заключается в последовательном наборе и минимизации числа признаков и определении границ разделения многомерных совокупностей путем дискриминантного анализа.

Применение дискриминантного анализа позволяет провести разбиение многомерного массива на три группы по значениям дискриминантных функций (табл. 2), т.е. позволяет отнести территории, с установленными показателями, в определенный класс состояния эколого-геологических условий: удовлетворительного, условно удовлетворительного и неудовлетворительного (рис.). Так, участки, попадающие по диаграмме рассеяния в первые две координатные четверти уверенно могут быть отнесены к неудовлетворительному состоянию, в III координатную четверть – к условно удовлетворительному, а в IV – к удовлетворительному классу состояния.

Выявление наиболее значимых факторов и дискриминантных функций позволило по установленным в соответствии с прямыми критериями зонам различного уровня трансформации экологических функций, определить классы состояния эколого-геологических условий для каждого блока математико-картографической модели, т.е. решить «обратную» задачу. Для приведения прямых критериев в соответствие

**Весовые коэффициенты для первых двух функций  
дискриминантного анализа**

	Фактор, определяющий количество обращений в соответствующей экологической зоне	ДФ1	ДФ2
X <sub>1</sub>	Кадмий	1,38834	0,425489
X <sub>2</sub>	Ртуть	-2,98587	1,009336
X <sub>3</sub>	Цинк	-0,34245	-0,797435
X <sub>4</sub>	Суммарное радиационное воздействие	2,19890	-0,471011
	Постоянный коэффициент	0,78494	0,639787

показатели зоны принимались нами в качестве условных единиц: низкого уровня – 1, умеренно опасного уровня – 2, опасного уровня – 3, что значительно облегчило расчетные операции.

Классы состояния геологической среды отображены на карте состояния эколого-геологических условий цветовой фоновой закрашкой по принципу «светофора». Характеристика классов состояния, соответствующих им экологических зон, а также состояния городских фитоценозов и заболеваемости населения приведена в легенде к карте в виде взаимосвязанного пространственно-временного сочетания состояния экологических функций геологической среды и биотического компонента в целом, качественно и количественно отражая наиболее значимые факторы геологической среды и пути их воздействия на условия проживания городского населения (табл. 3).

Анализ состояния эколого-геологических условий территории г. Гомеля свидетельствует, что в его пределах в зависимости от степени техногенной измененности можно выделить три класса состояния геологической среды:

- удовлетворительного на слабоизмененных, среднеизмененных и сильно-измененных территориях;
- условно удовлетворительного на средне- и сильноизмененных территориях;
- неудовлетворительного на средне- и сильноизмененных территориях.

В целом выделенные классы состояния существенно отличаются между собой современным состоянием геологической среды, уровнем трансформации ее экологических функций и показателями состояния городских экосистем, в том числе населения.

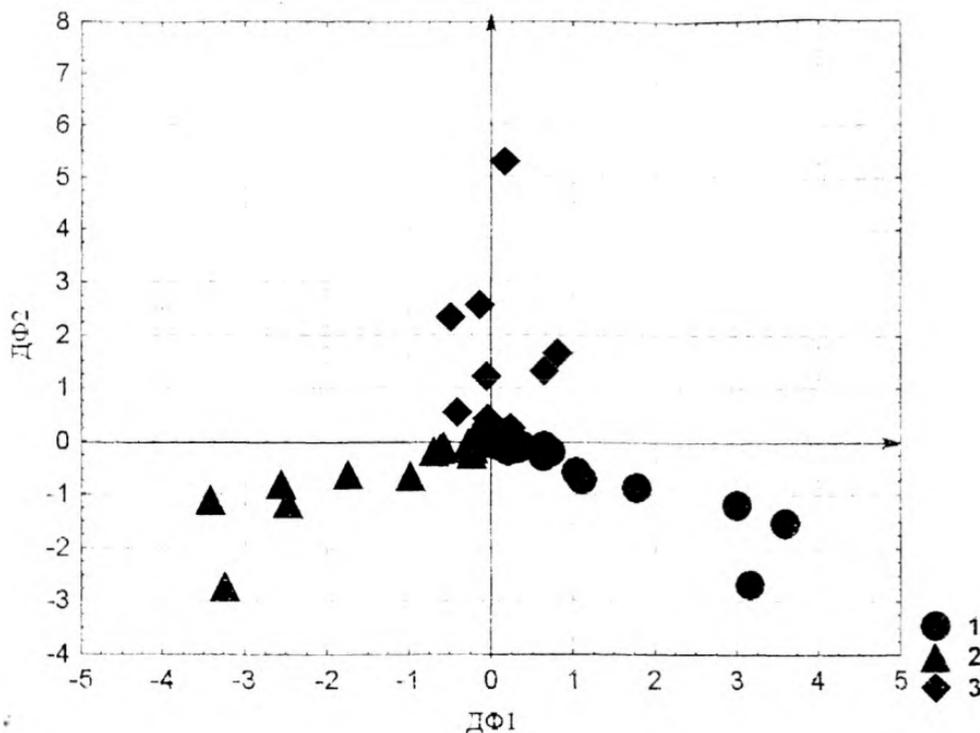


Рис. Диаграмма рассеяния, отражающая границы разделения многомерной совокупности для определения классов состояния эколого-геологических условий. Классы состояния эколого-геологических условий: 1 - удовлетворительный, 2 - условно удовлетворительный, 3 - неудовлетворительный.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация поставленных задач позволила сформулировать следующие главные выводы.

Впервые в условиях урбанизированной территории, подвергшейся значительному техногенному воздействию, разработаны состав, структура и содержание оценки состояния эколого-геологических условий, которая заключается в последовательном использовании и взаимном учете тематических, пространственных и динамических эколого-геологических критериев, выборе наиболее значимых из воздействующих на основные биотические компоненты факторов с доведением цепи межкомпонентных связей

**Фрагмент легенды к карте состояния эколого-геологических условий территории г. Гомеля**

Класс состоя- ния	Степень изменен- ности	Состояние городских фитонозов	Уровень заболевемости городского населения	Эколо- гиче- ские зоны
Удовлетворительный	<p>Обособленности и уровень трансформации экологических функций</p> <p><b>Ресурсная.</b> Незастроенные территории, используемые в основном в рекреационных целях, частично под застройку умеренного типа. Для питьевых целей используются воды палеогенового водоносного горизонта, на который оборудован водозабор.</p> <p><b>Геодинамическая.</b> В паводковый период происходит затопление, возможно подтопление. Распространены процессы заболачивания, в северной части развиты дефляция.</p> <p><b>Геофизическая.</b> Умеренно опасный уровень; содержание в грунтах зоны аэрации цезия-137 не превышает 1,0 Ки/км<sup>2</sup>; уровень суммарного радиационного воздействия составляет 0,2-0,5 мЗв/год; значительные шумовые воздействия, достигающие 75- 80 дБ(А).</p> <p><b>Геохимическая.</b> Низкий уровень трансформации по содержанию в грунтах зоны аэрации химических элементов и тяжелых металлов. Исключение составляют водоразносимые формы фтора и нефтепродукты, содержание которых достигает умеренно опасного уровня: 8 мг/кг и 250 мг/кг соответственно.</p>	<p>Фитонозы представлены древесной растительностью на окраине города, пойменными лугами и насаждениями облепихи и плодовых. В отдельных водах прибрежно-водной растительности местами отмечается повальное содержание тяжелых металлов.</p>	<p>Проживает незначительная часть населения со средним уровнем заболеваемости. Наиболее часты обращения по болезням органов пищеварения, новообразованиям, а также осложнениям беременности и врожденным аномалиям.</p>	<p><b>Поры</b></p>
Неудовлетворительный	<p><b>Ресурсная.</b> Территория имеет промышленное и сельское назначение. В ее пределах расположены зоны специального использования, отдельные незастроенные участки, а также коммунально-складская зона. Для питьевых целей используются воды палеогенового и альбесоманского водоносных горизонтов.</p> <p><b>Геодинамическая.</b> Развита эрозивно-денудационные явления, подтопление, морозное пучение, процессы заболачивания. Возможно появление верховодки и подтопление в паводковый период.</p> <p><b>Геофизическая.</b> Умеренно опасный уровень характерен для суммарного радиационного воздействия: от 0,2 мЗв/год до 0,5-1,0 мЗв/год, на большей части территории 0,2-0,5 мЗв/год. Содержание цезия в грунтах составляет 1,8-2,6 Ки/км<sup>2</sup>; а шумовое воздействие превышает 80 дБ(А), что характерно для опасного уровня трансформации.</p> <p><b>Геохимическая.</b> Умеренно опасного уровня достигают в грунтах зоны аэрации концентрации большинства элементов-загрязнителей: меди (около 4,0 мг/кг), фтора (от 4 до 8 мг/кг), ртути (при средних значениях 0,2-0,35 мг/кг), нефтепродуктов (200-300 мг/кг). На локальных площадях концентрации этих элементов достигают опасных уровней.</p>	<p>Фитонозы представлены луговой растительностью, лесными массивами на окраинах города, насаждениями облепихи, в том числе ограниченного пользования и специального назначения. Отмечаются локальные изменения продуктивности и видового состава естественных фитонозов, а также появление искусственных экотопов с избыточным засолением и своеобразным геохимическим режимом.</p>	<p>На отдельных участках высокий уровень заболеваемости общей популяцией. В целом наблюдается его рост. Наиболее характерны обращения по болезням органов дыхания, нервной системы и органов чувств, эндокринной системы, а также инфекционным заболеваниям, болезням кожи, костно-мышечной системы, органов пищеварения и мочеполовой системы.</p>	<p><b>Кризиса</b></p>

до конечного звена – состояния здоровья населения города. В связи с этим были проведены следующие исследования.

1. Установлены пространственные свойства геологической среды территории г. Гомеля, выявленные в результате инженерно-геологического районирования, которые отражают специфику проявления ее экологических функций [1, 4, 8, 11].

2. Проведен анализ изменений, происходящих в геологической среде, и оценка уровня трансформации ее экологических функций под воздействием города. В настоящее время в Гомеле сформировался специфический комплекс техногенных воздействий на эколого-геологическую систему. При этом основной вклад в формирование эколого-геологической обстановки вносят физическое, химическое и биологическое загрязнения, в результате чего в наибольшей степени трансформируются геофизическая и геохимическая экологические функции литосферы.

В формировании физического загрязнения главную роль играют искусственные радиационное и акустическое (шумовое) поля.

По типу воздействия на территории города и его окрестностей доминирующим является химическое загрязнение горных пород и подземных вод. На основе оценки загрязнения верхних горизонтов литосферы составлена серия схематических карт, отражающих поэлементное содержание токсичных веществ в грунтах, и карта суммарного загрязнения химическими элементами. Установлено, что в качестве основных элементов-загрязнителей в городе выступают тяжелые металлы, сульфат- и хлорид-ионы, нитраты, фосфаты, ионы  $F^-$ ,  $K^+$  и  $Na^+$ , а также нефтепродукты.

Разработана классификация техногенного воздействия на эколого-геологическую систему г. Гомеля, объединяющая все возможные виды и разновидности воздействия, которая послужила основой для оценки измененности геологической среды.

Разработаны критерии оценки состояния эколого-геологических условий, обусловленных проявлением геофизической и геохимической экологических функций, которые являются необходимой составляющей в ходе оценки урбанизированной территории [6, 9, 10, 12, 15, 18, 21].

3. Выполнена оценка измененности геологической среды, находящейся в прямой зависимости от степени ее устойчивости к техногенным воздействиям.

В процессе оценки измененности установлены факторы устойчивости геологической среды территории г. Гомеля к техногенному загрязнению, дано обоснование принципов и методики районирования урбанизированных территорий по степени устойчивости геологической среды, а также проведена типизация геологической среды Гомеля по степени устойчивости к техногенным воздействиям.

Выделены пространственные границы слабо, средне и сильно измененных (нарушенных) участков геологической среды. Установлено, что слабоизмененными в пределах города остаются лишь незначительные пойменные участки, а основная часть геологической среды испытывает существенные изменения [2,3,7,12].

4. Рассматривая исследуемую территорию как крупную эколого-геологическую систему, легко дифференцируемую на системы низшего порядка, исследована история формирования и современное состояние фито- и зооценозов.

При этом установлено формирование качественно новой урбанизированной природно-техногенной среды, отличающейся специфическими экологическими условиями, способствующими образованию в городе синантропных комплексов и ассоциаций растений, не имеющих аналогов в природе, появлению совершенно новых экотопов с искусственными грунтами, избыточным засолением, своеобразными геохимическим и гидрологическим режимами.

Трансформация городских зооценозов под влиянием антропогенной деятельности выражается в разрушении мест обитания, снижении биологического разнообразия, изменении динамики популяций выживших видов, патологических и адаптивных физиолого-биохимических реакциях отдельных организмов [5, 14, 19].

5. Для рассмотрения состояния здоровья населения города в качестве интегрального показателя, отражающего состояние окружающей, в том числе и геологической среды проведены комплексные исследования, включающие:

- изучение динамики основных демографических процессов;
- сравнительный анализ уровня заболеваемости городского населения, населения района и области в целом по основным нозологическим формам;
- изучение динамики общей заболеваемости;
- изучение структуры заболеваемости и отдельных ее видов;
- закономерности пространственной распространенности заболеваемости.

Выявлена взаимосвязь в бинарной системе «население - геологическая среда», выраженная соответствием (соотношением) пространственного распределения качественных и количественных медико-санитарных показателей и параметров современного состояния эколого-геологических условий.

Установлено существование взаимосвязи показателей заболеваемости с параметрами современного состояния эколого-геологических условий, установленными в соответствии с разработанными критериями оценки состояния эколого-геологических условий территории г. Гомеля [6, 13, 14].

6. Определены наиболее значимые из воздействующих на основные биотические компоненты факторов геологической среды с доведением

цепи межкомпонентных связей до конечного звена – состояния здоровья населения города. Выявлено выраженное повреждающее действие основных загрязнителей, которое проявляется в характере заболеваемости населения, что указывает на наличие тесных взаимосвязей в системе «население – геологическая среда».

Установлено, что для каждой отдельной эколого-геологической обстановки определяющими являются не отдельные компоненты геологической среды, а их комплекс, состояние которого выражается в повреждающем здоровье населения действии.

Результаты анализа заболеваемости по отдельным нозологическим формам использованы в качестве фактологической основы при создании картографической модели состояния эколого-геологических условий [13, 16].

7. Разработана новая методика построения карты состояния эколого-геологических условий урбанизированной территории, основанная на оценке современного состояния экологических функций геологической среды и биотического компонента в целом и заключающаяся в последовательном наборе и минимизации числа признаков и определении границ разделения многомерных совокупностей путем дискриминантного анализа.

Классы состояния эколого-геологических условий установлены на основе учета наиболее значимых факторов, проявляющихся в показателях заболеваемости населения по всем нозологическим формам и дискриминантных функций.

Анализ состояния эколого-геологических условий территории г. Гомеля позволил установить в его пределах в зависимости от степени техногенной измененности три класса состояния эколого-геологических условий:

- удовлетворительного на слабоизмененных, среднеизмененных и сильноизмененных территориях;
- условно удовлетворительного на средне- и сильноизмененных территориях;
- псевдудовлетворительного на средне- и сильноизмененных территориях.

Предлагаемый подход к составу, структуре и содержанию оценки состояния эколого-геологических условий урбанизированной территории позволяет рассматривать состояние экосистем, в частности здоровья населения, в качестве одного из основных интегральных показателей, отражающего состояние геологической среды. При этом медико-санитарные показатели рассматриваются в качестве внутренних факторов.

Разработанная методика позволяет отразить в качественной и количественной форме наиболее значимые факторы геологической среды и пути их воздействия на условия проживания городского населения. При этом статистически обоснованно реализуется возможность рассмотрения здоровья населения в качестве одного из основных интегральных показателей состояния геологической среды [13, 17, 20].

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *Статьи в научных журналах*

1. Трацевская Е.Ю., Галкин А.Н., **Красовская И.А.** Особенности тектоники территории г. Гомеля в связи с оценкой устойчивости геологической среды // Літа-сфера. – 2003, №1 (18). – С.78-85.
2. **Красовская И.А.** Устойчивость эколого-геологических систем: содержание и определение // Веснік ВДГУ, 2004, №1 (31). – С. 108-114.
3. Галкин А.Н., **Красовская И.А.**, Аношко Я.И., Жогло В.Г. Оценка устойчивости геологической среды Гомеля к техногенному загрязнению // Літасфера. 2004. – №1 (20). – С.100-109.
4. Галкин А.Н., Трацевская Е.Ю., **Красовская И.А.**, Павловский А.И. Инженерно-геологическое районирование территории г. Гомеля // Літасфера. – 2004. – №2 (21). – С. 108-117.
5. **Красовская И.А.** Трансформация биоценозов в условиях урбанизации (на примере г. Гомеля) // Веснік ВДУ, 2005, №2 (36) (в печати).
6. **Красовская И.А.**, Галкин А.Н., Верутин М.Г., Коваленко С.В. Особенности техногенных воздействий на эколого-геологическую систему г. Гомеля // Літасфера. – 2005. – № 2 (в печати).

### *Статьи в научных сборниках*

7. **Красовская И.А.**, Галкин А.Н., Королев В.А. Оценка устойчивости урбанизированных территорий к техногенным воздействиям (на примере г. Гомеля) // Сергеевские чтения, вып. 5. Молодежная сессия / Материалы годичной сессии Научного совета РАН. – Москва, 2003. – С. 176-179.
8. **Красовская И.А.**, Галкин А.Н. Особенности геологической среды территории г. Гомеля // Сергеевские чтения, вып. 6. / Материалы годичной сессии Научного совета РАН. – Москва, 2004. – С. 385-389.
9. **Красовская И.А.**, Галкин А.Н., Королев В.А. Классификация техногенных воздействий на геологическую среду г. Гомеля // Сергеевские чтения, вып. 6. / Материалы годичной сессии Научного совета РАН. – Москва, 2004. – С. 271-276.

### *Статьи в сборниках материалов конференций*

10. Верутин М.Г., **Красовская И.А.**, Цукровский А.Л. Результаты радиометрических исследований территории Гомеля // Экология и молодежь (Исследования экосистем в условиях радиоактивного и техногенного загрязнения окружающей среды). Материалы 1-ой Международной научно-практической конференции в 2-х томах. Т.1. Часть 2. – Гомель, 1998. – С. 76 – 77.
11. **Красовская И.А.** Основные черты геологического строения территории города Гомеля // Экологические проблемы Полесья и сопре-

дельных территорий / Материалы I Международной научно-практической конференции, Гомель, октябрь 1999 года. – Гомель, 1999. – С. 82-84.

12. **Красовская И.А.** Восприимчивость геологической среды как фактор устойчивости к техногенным воздействиям в связи с геозекологическими проблемами урбанизированных территорий (на примере г. Гомеля) // Региональные проблемы социально-экономического и геозекологического развития Беларуси и сопредельных территорий: Материалы Международной научно-практической конференции, Могилев, 8-11 октября 2002 года. – Могилев, 2002. – С. 70-74.

13. **Красовская И.А.** Опыт проведения комплексной оценки эколого-геологической обстановки урбанизированных территорий // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: Материалы V Международной научно-практической конференции, Гомель, октябрь 2003 г. – Гомель, 2003. – С. 105-110.

14. **Красовская И.А.** Опыт использования ботанических и медико-санитарных критериев с целью оценки эколого-геологических условий // Научные чтения им. акад. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга: Материалы III Международной научной конференции «Экологическая геология и рациональное недропользование (Экогеология – 2003)» (Россия, Санкт-Петербург., С-ПбГУ, 6-10 октября 2003 г.). – Санкт-Петербург, 2003. – С. 190-192.

15. **Красовская И.А.,** Королев В.А. Особенности территорий различного функционального использования в связи с оценкой эколого-геологической обстановки (на примере г. Гомеля) // Научные чтения им. акад. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга: Материалы III Международной научной конференции «Экологическая геология и рациональное недропользование (Экогеология – 2003)» (Россия, Санкт-Петербург., С-ПбГУ, 6-10 октября 2003 г.). – Санкт-Петербург, 2003. – С. 55-57.

16. **Красовская И.А.,** Соловьев А.В. Проблемы оценки экологического состояния урбанизированных территорий в связи с техногенным воздействием // Региональная география: проблемы развития и выкладки. – Могилев, 2004. – С. 101-103.

17. **Красовская И.А.,** Галкин А.Н. Современное состояние проблемы картографирования эколого-геологической обстановки территории городов // География в XXI веке: Проблемы и перспективы: Материалы Международной научной конференции, посвященной 70-летию географического факультета БГУ, 4-8 октября 2004 г. – Минск, 2004. – С. 267-269.

18. **Красовская И.А.** Формирование эколого-геологической обстановки в условиях техногенного физического воздействия (на примере г. Гомеля) / Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде Северных регионов: Материалы Всероссийской конференции с международным участием: В 2 т., Т.1. – Архангельск, 2004. – С. 460-463.

19. **Красовская И.А.,** Галкин А.Н. Современное состояние биогеоценозов в условиях Гомельской городской агломерации // Материалы Ме-

ждународной научно-практической конференции «Экология фундаментальная и прикладная: Проблемы урбанизации». Екатеринбург, 3-4 февраля 2005 г. – Екатеринбург, 2005. – С. 167-170

20. **Красовская И.А.**, Галкин А.Н. Современные проблемы оценки эколого-геологической обстановки урбанизированных территорий // Материалы международной научной конференции «Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии», посвященной 100-летию со дня рождения академика Г.В. Богомолова. Минск, 1 – 3 июня 2005 г. – Минск: ИИПАИ Б, 2005 (в печати).

*Тезисы докладов на конференциях*

21. Пинчук А.П., **Красовская И.А.** Геоэкологические проблемы г. Гомеля // Минерально-сырьевая база Республики Беларусь: состояние и перспективы / Тез. докл. научно-технич. конференции, посвященной 70-летию БелНИГРИ. Минск, 15-17 октября 1997. – Минск, 1997. – С. 259-260.

