



ГОРОДСКАЯ СРЕДА: ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ



УДК [550.75+504.5](476-1)

Городская среда : геоэкологические аспекты : монография / В. С. Хомич [и др.] – Минск : Беларус. навука, 2013. – 301 с. – ISBN 978-985-08-1506-4.

Монография посвящена научно-методическим подходам и результатам геоэкологических исследований и оценки состояния городской среды. Анализируются источники и уровни воздействия на атмосферный воздух, тренды выбросов загрязняющих веществ и атмосферных выпадений на урбанизированных территориях, гидрохимические потоки в городской среде, современные геологические и геоморфологические процессы. Показаны особенности трансформации поверхностных вод, почв, растительности, а также сохранившихся природных и природно-антропогенных комплексов в городах. Приведены результаты комплексной оценки состояния окружающей среды на территории г. Минска, даны предложения по улучшению состояния и оптимизации городской среды, сохранению ландшафтного и биологического разнообразия в условиях города.

Рассчитана на специалистов в области природопользования и охраны окружающей среды, преподавателей и студентов ВУЗов, всех, интересующихся экологическими проблемами городов и путями их решения.

Табл. 62. Ил. 112. Библиогр. – 414 назв.

Ав т о р с к и й к о л л е к т и в:

В. С. Хомич, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, Л. А. Кравчук, М. И. Струк,
О. В. Кадацкая, Н. К. Быкова, Д. Ю. Городецкий, С. Г. Живнач, М. И. Козыренко,
М. Е. Комаровский, О. Ю. Круковская, П. В. Курман, Е. П. Овчарова, В. А. Рыжиков,
С. В. Савченко, Е. В. Санец

Р е ц е н з е н т ы:

доктор географических наук, академик НАН Беларуси В. Ф. Л о г и н о в
доктор географических наук, член-корреспондент Российской академии наук В. А. С н ы т к о

ISBN 978-985-08-1506-4

© Институт природопользования НАН Беларуси, 2013
© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Геоэкологические исследования урбанизированных территорий и оценка состояния городской среды относятся к приоритетным направлениям наук о Земле. Их актуальность обусловлена необходимостью выявления факторов и причин формирования экологической ситуации в городах, выделения приоритетных проблем и пространственной дифференциации городских территорий с целью разработки эффективных природоохранных мероприятий и создания благоприятной среды обитания. В городах Беларуси, занимающих площадь менее 1% территории страны, проживает около 75% населения и его доля постепенно возрастает. Здесь сосредоточена основная часть промышленного потенциала.

В последние годы значительно возрос интерес к научно-методическим аспектам оценки качества городской среды, что является закономерным явлением, обусловленным накоплением знаний о содержании химических веществ в природных компонентах, выявлением новых загрязняющих веществ, расширением списка источников загрязнения, изменением приоритетов в области охраны окружающей среды, развитием инструментально-аналитических и нормативно-методических подходов. Эти и другие факторы стимулируют разработку новых или совершенствование ранее разработанных показателей интегральной (комплексной) оценки, новых приемов картографирования, применения ГИС-технологий и т. д. Зачастую выполняемые оценки качества окружающей среды базируются лишь на статистических данных (например, об уровнях выбросов, сбросов, заболеваемости и др.), которые, являясь доступными широкому кругу пользователей, в то же время не могут полностью отразить реально сложившуюся экологическую ситуацию и дать представление об особенностях пространственной структуры загрязнения. В этой связи очень важным элементом исследований является интеграция экспериментальных данных с данными национальной системы мониторинга и статистики.

Коллективом авторов накоплен определенный опыт исследования экологических проблем городов, отраженных в ряде научных публикаций, в том числе в монографиях «Светлогорск: экологический анализ города» [257], «Экогеохимия городских ландшафтов» [335], «Ландшафтные воды в условиях техногенеза» [149]. В книгах приведены результаты эколого-геохимических исследований в городах Беларуси, выполненных в 1980–1990-х годах. Насто-

ящая монография является обобщением результатов исследований, проведенных в развитие и продолжение ранее выполненных работ.

Учитывая сложность взаимосвязей природных, технических и социальных структур на городских территориях, при постановке исследований и подготовке данной монографии не ставилась задача охватить все проблемы, решить все научные и практические задачи, возникающие в связи с развитием и функционированием городов, включая экологические. Исследовались и решались, прежде всего, вопросы комплексной оценки и картографирования состояния городской среды, изучения источников воздействия и переноса вещества с водными и воздушными потоками, роль природных комплексов в функционировании города и сохранении ландшафтного и биологического разнообразия. Значительное внимание уделено исследованиям отдельных типов ландшафтов городов: городским болотам, автотранспортным и промышленным ландшафтам.

В зависимости от решаемых задач исследования проводились на различных уровнях: региональном (урбанизированные ландшафты Беларуси в целом), местном (город), локальном (природный комплекс, ландшафтный выдел, элементарный геохимический ландшафт, функциональная зона, функционально-планировочный выдел).

Книга подготовлена по результатам, полученным авторами при выполнении Государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Природные комплексы», Государственной научно-технической программы «Экологическая безопасность», при разработке Территориальной комплексной схемы охраны окружающей среды г. Минска, а также ряда НИР по хозяйственным договорам. В монографии обобщены фактические данные, полученные в ходе полевых эколого-геохимических исследований в 2005–2010 гг., а также более ранние авторские материалы, если того требовала постановка задачи. Наибольшее внимание в монографии уделено г. Минску – городу с высоким промышленным потенциалом, а также с большим ландшафтным разнообразием. В г. Минске проживает 1,8 млн человек. Среди других городов в той или иной степени исследованиями охвачены Лида, Борисов, Витебск, Гродно и др.

В качестве фактического материала также использованы литературные и отраслевые данные, в том числе Национального комитета статистики Республики Беларусь, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Республиканского центра радиационного контроля и мониторинга окружающей среды Департамента по гидрометеорологии, международные базы данных и другие источники.

В первой главе монографии показаны общие экологические проблемы в связи с урбанизацией и используемые в настоящее время подходы к изучению городской среды.

Во второй главе книги анализируются особенности геологических и геоморфологических процессов на урбанизированной территории. На примере

г. Минска показаны основные негативные (неблагоприятные) природно обусловленные процессы, спровоцированные интенсивной антропогенной деятельностью. Приведено районирование территории г. Минска по степени благоприятности инженерно-геологических условий для освоения и подверженности неблагоприятным геологическим процессам.

Третья глава посвящена анализу источников и уровней воздействия на городскую среду. Здесь рассмотрены уровни первичного поступления (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории Беларуси на примере ряда основных и специфических веществ, различия в уровнях поступления по городам с использованием статистических данных и результатов расчетов. Второй раздел посвящен уровням атмосферных выпадений загрязняющих веществ и их территориальной структуре с использованием данных Программы ЕМЕП и мониторинга атмосферных осадков в рамках НСМОС.

В четвертой главе рассмотрены гидрохимические потоки в городской среде и выполнена оценка трансформации природных вод. В качестве важнейшего фактора риска для речных экосистем рассматривается степень урбанизации водосборов. На примере водосбора основной реки г. Минска – Свислочи показано влияние выноса загрязняющих веществ с поверхностным стоком на принимающий водоток.

Пятая глава посвящена особенностям загрязнения почв в городах. Приведены результаты изучения пространственного распределения тяжелых металлов в почвах урбанизированных территорий (на примере г. Минска), особенности распределения тяжелых металлов в антропогенно-нарушенных почвах, в том числе в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий, обобщены данные о накоплении полихлорированных бифенилов (ПХБ) и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в городских почвах. Обсуждаются также особенности почвенного покрова в городах и свойства почв.

В шестой главе анализируется состояние растительности и организация ландшафтно-рекреационных территорий в городах Беларуси. Показаны предпосылки формирования природно-растительного комплекса и структура насаждений. На примере г. Минска выполнена дифференцированная оценка уровня организации ландшафтно-рекреационных территорий.

В седьмой главе обобщены результаты 15-летних исследований болотных комплексов, сохранившихся на территории г. Минска, рассмотрены особенности трансформации гидрохимических свойств и состояния болотной растительности в зависимости от исходных (генетических) свойств болот и антропогенных нагрузок. Авторами выполнена оценка экологической значимости болот и разработаны рекомендации по их интеграции в структуру городского ландшафта.

В восьмой главе рассматриваются вопросы оценки природного разнообразия городских ландшафтов, приведены подходы и критерии его оценки на международном уровне, а также результаты картографирования природного разнообразия в городах Беларуси. На примере г. Минска проиллюстрирована

возможность выделения «ключевых участков» для сохранения естественного биологического и ландшафтного разнообразия.

Девятая глава посвящена типичным для урбанизированных территорий автотранспортным ландшафтно-функциональным комплексам, с обоснованием их выделения, описанием научно-методических подходов исследований, анализом загрязнения снежного покрова и почв, состояния растительности в придорожных полосах.

В десятой главе приведены научно-методические подходы к комплексной оценке состояния городской среды, направленной на интеграцию оценок состояния отдельных природных компонентов в границах избранных территориальных выделов и позволившей зонировать территорию города по уровню экологической благоприятности/неблагоприятности и выделить проблемные в экологическом отношении территории.

Одиннадцатая глава посвящена пригородным ландшафтам: эколого-географическим критериям выделения границ пригородной территории, оценке ее ландшафтной организации, ландшафтно-экологическим условиям водосборных бассейнов водохранилищ в пригородной зоне г. Минска.

Авторы выражают благодарность И. П. Самсоненко, В. В. Парфенову и А. М. Михунову за участие в проведении полевых исследований и обработку полученных данных; В. Н. Чудук, Г. М. Бокой, Н. Е. Сосновской за помощь в организации и выполнении химико-аналитических работ; Е. С. Макаевой, Ю. Г. Ашурко, Т. Л. Лапко, Ю. А. Романкевич и А. А. Балмаковой за помощь в сборе, обработке информации и оформлении книги.

УРБАНИЗАЦИЯ И ГОРОДСКАЯ СРЕДА

1.1. Урбанизация: тенденции развития и экологические последствия

Урбанизация – одна из основных тенденций развития человечества. Быстрый рост городов привел к тому, что в настоящее время около половины населения Земли стали горожанами. По прогнозам ООН к 2050 г. население мира достигнет 9,07 млрд человек, более 85% из которых будут жить и трудиться в городах. Это станет результатом как абсолютного роста населения, так и миграции из сельской местности в города.

Несмотря на предпринятые меры, количество городских жителей, не имеющих доступа к улучшенному водоснабжению и современной санитарии, выросло примерно на 20% с тех пор, как были сформулированы и одобрены цели тысячелетия «Рио-92» в области развития. Около 1 млрд человек не имеют по-прежнему доступа к чистой питьевой воде. Кроме того, более 1,4 млрд человек все еще живут в домах без электричества и около 1 млрд человек страдают от недоедания. По данным ООН за 2010 г., 2,6 млрд человек в мире не имеют доступа к современной канализации и улучшенным средствам санитарии [318].

В городах Беларуси, занимающих площадь менее 1% территории страны, проживает около 74,5% населения (на 01.01.2011) и его доля постепенно возрастает (рис. 1.1).

Сосредоточение на небольших по площади городских территориях больших масс людей различного социального статуса с разным уровнем достатка, разнообразных производств, обилия транспортных средств, финансовых ресурсов обусловили возникновение целого комплекса городских проблем связанных с ухудшением экологической ситуации, ростом преступности и социальной напряженности, недостатком имеющихся природных ресурсов.

Вследствие интенсивной антропогенной нагрузки проблемы окружающей среды в городах приобретают особую остроту, поскольку именно здесь ярко выражены многие техногенные процессы: изъятие или накопление больших масс веществ, создание технических объектов и сооружений, механические воздействия передвижной техники и населения на почвы и растительность, поступление в окружающую среду в избыточных количествах или несвойственных местным ландшафтам химических веществ. По этой причине города представляют собой территории, где практически ни один компонент среды обитания не избежал существенной техногенной трансформации.

В результате нарушения рельефа и почвенного покрова интенсифицируются процессы плоскостной и линейной эрозии. При снижении отметок по-

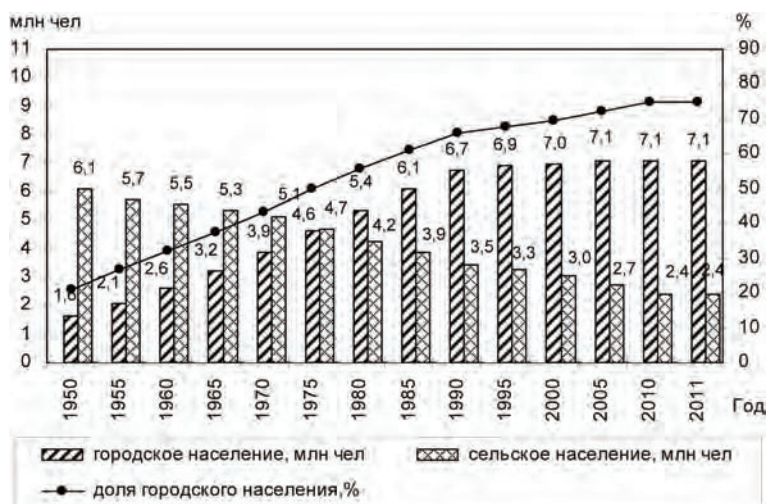


Рис. 1.1. Динамика численности и доли городского населения в Беларуси за период 1950–2011 гг.

верхности и строительстве линейных сооружений часто нарушается гидродинамический режим подземных вод, что сопровождается подтоплением и затоплением городской территории. Данный эффект усиливается за счет утечек и потерь воды из водопровода, канализации и искусственных водоемов. Интенсивный водоотбор, наоборот, может привести к переосушению территории и, как следствие, к деградации растительного покрова.

Концентрация на городских территориях промышленных производств, высокая насыщенность автомобильным транспортом, наличие искусственных сооружений и покрытий интенсифицируют геохимические процессы, нарушают естественные циклы химических элементов и их соединений, что приводит к коренному преобразованию сложившихся в процессе развития географической оболочки природных ландшафтно-геохимических ситуаций.

Одновременно города – это мощные источники техногенных веществ, поставляющие их не только в городскую среду, но и в пригородные, и региональные миграционные потоки. Как результат, многие города по интенсивности загрязнения и площади распространения аномалий загрязняющих веществ в различных природных средах представляют собой техногенные геохимические и биогеохимические провинции [40, 42, 341]. Как правило, площадь воздействия города превышает его территорию в 20–50 раз, что сопоставимо с радиусом активного рекреационного тяготения горожан [218]. Согласно [52], экологический след г. Лондона превышает его площадь в 125 раз.

В результате поступления техногенных химических веществ в городскую среду в зонах наиболее интенсивного техногенного воздействия формируется неблагоприятная экологическая обстановка, представляющая опасность для здоровья населения и состояния природных элементов городских экосистем.

На наличие неблагоприятной экологической ситуации в городах Беларуси, связанной с химическим загрязнением среды, указывается В. К. Лукашевым и Л. В. Окунем [158], Л. В. Елизаровой [77] для г. Минска, В. М. Феденей с соавторами для г. Жлобина [206], М. Ю. Калининым [110] для г. Мозыря, В. С. Хомичем, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик и Л. А. Кравчук [257] для г. Светлогорска, В. П. Клементьевым с соавторами [56], В. С. Хомичем с соавторами [72], для Солигорского промышленного района. На имеющее место загрязнение окружающей среды в городах указывается в различных научных и информационно-аналитических изданиях [181, 230, 277, 297 и др.].

Кроме того, имеются многочисленные свидетельства загрязнения различных природных компонентов на городских территориях, в том числе атмосферного воздуха [83, 324 и др.], поверхностных вод [29, 103, 156, 157 и др.], подземных вод [26, 79, 82, 118, 124, 132, 142, 151 и др.], почв и почво-грунтов [104, 105, 115, 122, 160, 215, 328, 346, 386 и др.], растительности [76, 113, 126, 128, 137, 240, 263, 266, 337 и др.], донных отложений [251 и др.].

Однако, было бы ошибкой связывать с функционированием и развитием городов только негативные экологические последствия. Как отмечает В. Р. Битюкова [18], в концентрации производства и населения заложена возможность применения комплекса инженерных решений и более производительных и эффективных технологий, позволяющих уменьшить поступление загрязняющих веществ в окружающую среду и экономить ресурсы. Процесс урбанизации способствует также сохранению обширных природных ландшафтов за пределами городов. По мнению В. Р. Битюковой, города, с одной стороны, это сосредоточие экологических проблем, с другой – центры инноваций, где формируются предпосылки для постепенного решения большинства проблем.

1.2. Город и городская среда

Город как геотехсистема

Экосистема «город» (городская экосистема), по мнению Э. А. Лихачевой и Д. А. Тимофеева [57] – это пространственно ограниченная природно-техногенная система, сложный комплекс взаимосвязанных обменом веществ и энергии автономных живых организмов, абиотических элементов, природных и техногенных, создающих среду жизни человека, отвечающую его потребностям: биологическим, психологическим, этническим, трудовым, экономическим, социальным. Состоит из взаимосвязанных и взаимопроникающих подсистем (сред): квазиприродной (преобразованной географической среды), ландшафтно-архитектурной, социально-экономической, общественно-производственной. Связь между ними столь велика, что практически ни одна из них в отдельности не может выполнять свои функции, и в то же время отсутствие одной из подсистем влечет разрушение экосистемы «город» в целом.

В свою очередь городская среда рассматривается Э. А. Лихачевой и Д. А. Тимофеевым как физическое (материальное) и духовное (нематериальное) про-

странство, включающее сам город и обладающее специфическими природными и социально-экономическими особенностями внутренней структуры, динамики, эволюции. Иначе говоря, это сложная многоуровневая, но более или менее ограниченная в пространстве и времени природно-антропогенная открытая система, состоящая из блоков: ландшафтно-архитектурная среда – городское население – социально-экономическая среда – управление. Окружающая город среда – географическая среда.

Согласно В. З. Макарову и соавторам [164], городская среда – важная составляющая часть потенциала города, это свойство города выполнять функции среды обитания. Понятие «городская среда» определяется спецификой отношений природных, антропогенных и социально-демографических компонентов (т. е. компонентов города), с одной стороны, и живых организмов («хозяев») – с другой. Авторами делается вывод о том, что качество городской среды при эколого-географическом изучении городов нужно оценивать прежде всего в интересах человека.

Как следует из вышеперечисленных определений, термины «городская среда» и «городская экосистема» очень близки. В обоих случаях это природно-антропогенная либо природно-техногенная система, состоящая, по сути, из тех же подсистем (блоков, сред) или их сочетаний. К тому же они объединены общим пространством и временем существования. В этой связи можно полагать, что нет ничего противоречивого в том, что при изучении и анализе широкого спектра экологических проблем городов и в названиях публикаций, и в текстовых материалах термины «городская среда» и «городская экосистема», а также «городская природно-техногенная система» используются как синонимы. Использование данной терминологии предполагает применение системного подхода к анализу проблем городов.

Многочисленными исследованиями последних лет подтверждено, что для выявления причин возникновения негативных явлений в городах, изучения взаимодействия и взаимовлияния производственной и непроизводственной деятельности и природных процессов, происходящих в городах и зонах их влияния, в наибольшей степени приемлем системный подход [39, 40, 59, 86, 227, 344 и др.].

Системный подход при рассмотрении городов имеет давнюю традицию. В градостроительстве город всегда рассматривался как целостная система, в которой органично увязывались системообразующие функции города – социальная, производственная и территориальная. Показательным в этом отношении является определение города В. В. Владимировым и соавторами [28] как «социотехноэкологического образования», что, по сути, является синонимом «городских геотехсистем» (по крайней мере, по набору составляющих их элементов).

Значительным вкладом в развитие системного подхода при изучении городов явилось разработанное в 1970-е годы Институтом географии РАН новое научное направление – конструктивная география.

По определению В. С. Преображенского [227], город может рассматриваться как техническая система, которая специально проектируется и создается для защиты человека и средств его деятельности от неблагоприятных свойств окружающей среды. Однако в процессе строительства и функционирования городов складываются воздействия (предполагаемые или непредвиденные), вызывающие в свою очередь негативные последствия как в деятельности человека, так и в его здоровье, требующие всестороннего анализа и принятия решений.

Рассмотрение городов как геотехнических систем обусловлено несколькими причинами:

- города представляют собой результат взаимодействия технических систем с присущими им параметрами и структурами с природной обстановкой, в которую они помещены;

- значительными масштабами привнесения техногенных веществ в природу, высокой концентрацией воздействия и глубиной преобразования природных комплексов;

- неоднородностью источников воздействия. Город как бы включает весь набор источников, вызывающих воздействия промышленного, транспортного, сельскохозяйственного, рекреационного и других факторов;

- тесной территориальной взаимосвязанностью и интегрированностью всех видов воздействий в пределах города и в зоне его влияния;

- возможностью рассмотрения города (городской территории) в виде замкнутой системы («черного ящика»), функционирующей за счет потоков вещества и энергии на входе в систему, основными из которых являются топливо, электроэнергия, вода, пища, сырье и сырьевые материалы, а на выходе из системы наряду с готовой продукцией – твердые отходы, сточные воды и выбросы в атмосферу.

Согласно [45], городские геотехсистемы представляют собой сложные территориальные образования, включающие в себя природные, социальные и технические элементы, взаимодействующие друг с другом и в результате этого выступающие как единое целое. Городские геотехсистемы обладают двойственными качествами. С одной стороны, их природная составляющая (подсистема), несмотря на сильное влияние, продолжает жить по природным законам; с другой – многие черты их функционирования определяются законами жизни общества. Общество должно осознавать пути развития природных подсистем, как и городских геотехсистем в целом, и воздействовать с помощью управления на их функционирование и динамику.

В работах Института географии РАН городские и промышленные геотехсистемы рассматриваются раздельно [27, 111 и др.]. Однако учитывая, что в большинстве городов промышленность является основным градостроительным фактором, а промышленные, бытовые, культурные и другие функции, выполняемые городами, тесно переплетены во времени и пространстве, мы нашли целесообразным рассматривать городские и промышленные геотехси-

стемы в виде индустриально-селитебных геосистем. В то же время различия не носят принципиального характера и не искажают общего геоэкологического подхода к изучению и проектированию геотехсистем, что позволяет употреблять термины «городская геотехсистема» и «индустриально-селитебная геотехсистема» как синонимы.

Методические подходы (концепции) изучения городской среды

Используя ту или иную терминологию, исследователи акцентируют внимание на направлениях тех или иных аспектах исследуемых проблем городов. Градостроители чаще всего анализируют «ландшафтно-архитектурную среду города» [51, 59, 77, 309 и др.].

Биологи рассматривают город как «среду обитания» или «экосистему» [343]. Геологи изучают прежде всего «геологическую среду города» [46, 123, 211 и др.].

Для географов город – это в первую очередь природно-техногенная система (геотехсистема, природно-техногенный комплекс) или городской ландшафт (урболандшафт) [44, 45, 164, 316, 323, 341, 344 и др.]. В обоих случаях используется системный подход, предполагающий анализ взаимосвязей между природными (ландшафтными) компонентами, технической, архитектурно-планировочной и социально-экономической подсистемами или их элементами.

Обобщение литературных материалов по вопросам городской среды, в которых рассматриваются (используются) различные методические подходы (концепции) изучения городской среды [59, 77, 164, 231 и др.], позволяет выделить 4 основные группы: природную (ландшафтную), эколого-градостроительную (экоурбанистическую), ландшафтно-геохимическую и геоэкологическую (природно-техногенную).

Природная (ландшафтная) концепция изучения городской среды базируется на рассмотрении городского ландшафта как сочетания природных комплексов (ландшафтов) более низкого таксономического ранга или ландшафтов городов в общегородском ландшафте. В рамках данной концепции анализируются структура ландшафтов, особенности ландшафтных компонентов и взаимосвязи между ними, устойчивость ландшафтов, подверженность опасным геологическим, метеорологическим и другим явлениям и процессам [98, 307, 316, 323 и др.].

Эколого-градостроительная (экоурбанистическая) концепция изучения городской среды предполагает исследование взаимодействия градостроительных структур и природной основы города и прилегающих территорий. С одной стороны, эколого-градостроительные исследования направлены на анализ природных ресурсов и ландшафтных условий, обуславливающих принятие инженерно-проектных решений, с другой – на обеспечение сбалансированного сочетания застроенных и открытых слабоизмененных пространств, включая сохранение особо ценных природных ландшафтов. Согласно В. В. Владимирову с соавторами [28] и А. С. Курбатовой [140, 141], в условиях высокоур-

банизированных территорий речь идет не только о сохранении природного ландшафта, сколько о технических средствах, обеспечивающих воспроизводство отдельных природных компонентов в городской среде.

На основании выполненного обобщения экоурбанистических подходов к изучению и проектированию городской среды А. И. Тетиором [309] обоснован новый раздел современной строительной науки – архитектурно-строительной экологии. Новый раздел науки направлен на создание экологических (формирующих здоровую среду, энергоэкономичных, красивых) городов, зданий и инженерных сооружений, удовлетворяющих экологически обоснованным потребностям жителей и находящихся в равновесии с природой.

Ландшафтно-геохимическая (эколого-геохимическая) концепция изучения городской среды предполагает широкое применение ландшафтно-геохимических методов исследований, с применением которых изучаются источники поступления, пути миграции загрязняющих веществ, их распределение в сопряженных ландшафтных системах, выявляются и анализируются природные и техногенные факторы формирования ландшафтно-геохимических аномалий в городах и зонах их влияния [42, 335, 341 и др.].

В широком понимании к эколого-геохимическим исследованиям относят любые исследования или оценки состояния (качества) среды обитания, осуществляемые посредством изучения распределения химических элементов и их соединений в различных природных и природно-техногенных системах. Комплексные (в классическом понимании) эколого-геохимические исследования городов включают: 1) выявление источников и путей поступления загрязняющих веществ в окружающую среду, изучение ассоциаций, уровней содержания загрязняющих веществ в твердых отходах, выбросах, сточных водах; 2) прослеживание путей и способов миграции химических элементов в среде обитания, выявление геохимических аномалий; 3) оценку масштабов и площади распространения геохимических аномалий; 4) экологическую и геохимическую оценку выявленных геохимических аномалий, прослеживание накопления поллютантов в трофических цепях, изучение последствий этого накопления [42, 349]. Важнейшими приемами таких работ являются геохимическое картирование и геохимическое профилирование.

Начало формирования научно-методических основ эколого-геохимических исследований городов относится ко второй половине 1970-х годов. Решающую роль в этом сыграли разработки Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), выполненные под руководством Ю. Е. Саета [42, 171, 173 и др.]. Базой послужили фундаментальные положения геохимии окружающей среды, геохимии ландшафтов и богатый методический арсенал прикладной (поисковой) геохимии. Вклад в разработку методологии эколого-геохимических исследований городов внесли многие научно-исследовательские центры, в частности, МГУ, Институт географии СО РАН, Институт геохимии и геофизики АН БССР, Институт природопользования НАН Беларуси и др.

Традиционная система оценки эколого-геохимической ситуации в городах – получение значений одного или нескольких показателей, характеризующих состояние отдельных компонентов природной среды (атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод и др.). Также традиционным является и комплексный характер ландшафтно-геохимических (ландшафтно-экологических) исследований, включающий сопряженное изучение состояния многих компонентов. При этом основное внимание уделяется изучению депонирующих сред (снега, почв, донных отложений, растительности, тканей и органов человека и животных), а также особенностям миграции химических элементов в различных компонентах городских ландшафтов. Среди широкого спектра загрязняющих веществ приоритетное место отводится тяжелым металлам как индикаторам загрязнения.

Уровень загрязнения того или иного природного компонента определяют с помощью особой системы показателей и коэффициентов (индикаторов), в основе которых в большинстве случаев лежит величина отношения содержания химических элементов в исследуемом объекте к фоновому значению или кларку [42, 171, 321, 336 и др.]. В частности, показателями уровня аномальности содержания элемента являются коэффициент концентрации (коэффициент аномальности) и кларк концентрации. Поскольку аномалии имеют, как правило, полиэлементный состав, для них рассчитывают суммарный показатель загрязнения.

Широкое развитие ландшафтно-геохимический подход получил при изучении взаимодействия промышленных объектов и элементов природных систем, так как позволяет наиболее глубоко рассматривать механизм взаимодействия природных и техногенных факторов [10, 32, 174, 310 и др.].

На основе методических подходов и результатов эколого-геохимических исследований городов возникло новое научное направление – экогеохимия городов – одно из важнейших направлений экологической геохимии.

Геоэкологическая (природно-техногенная) концепция изучения городской среды базируется на рассмотрении города как природно-техногенной геосистемы, в пределах которой изучаются ее структурные элементы (природные, техногенные, социальные) и взаимосвязи между ними. Функционирование сложных городских геотехсистем, насыщенных промышленными предприятиями, транспортными средствами, объектами жилищно-коммунального хозяйства, воздействующими на природные комплексы и человека, создают целый комплекс взаимосвязанных ресурсно-хозяйственных, природно-ландшафтных и социально-демографических проблем. Их решение нельзя осуществить в рамках какой-либо одной области знаний, сколь бы обширной она ни была [164]. Следовательно, изучение городской территории требует интегрированного подхода, т. е. использования закономерностей, принципов, концепций, методов, разработанных в разных отраслях знаний – географии, биологии, экологии, градостроительстве, гигиене, эстетике, истории.

При геоэкологическом подходе анализируется взаимодействие трех основных подсистем: природной, технической и населения. Последняя рассматри-

вается, кроме того, как управляющая подсистема. Использование геоэкологического подхода в исследованиях и проектировании городов способствует системному рассмотрению явлений, процессов и объектов как биотического, так и абиотического происхождения, позволяет территориально дифференцировать мероприятия и нормативы строго в соответствии с конкретной географической обстановкой [44, 164].

Несмотря на некоторые терминологические различия в обосновании методологии геоэкологических исследований городов (городской среды), выделяют несколько последовательных этапов в их реализации: инвентаризационный (констатирующий), оценочный, прогнозный и оптимизационный [44, 47, 85, 89, 125, 141 и др.]. На инвентаризационном этапе изучаются структура и взаимодействие природной, технической и социальной подсистем города. Используемые методические приемы и состав работ при этом самые разнообразные и определяются исследователями в зависимости от целей и задач исследований. На оценочном этапе выполняются пространственно дифференцированные оценки состояния городской среды. В научной литературе приведено множество примеров таких оценок для различных городов мира, которые различаются по набору учитываемых показателей, детальности, выбору территориальных структурных единиц оценки, способу оценки и представления полученных данных и т. д.

В оценочных экологических исследованиях необходимо различать оценки экологического состояния города (района города, ландшафтного выдела, функционально-планировочной зоны и т. д.) и оценки качества городской среды. Для оценки экологического состояния городской среды может привлекаться широкий спектр показателей, таких как уровни загрязнения атмосферного воздуха, почвенного и снегового покровов, состояние поверхностных и подземных вод, растительности, акустический режим, устойчивость геологической среды, ценность ландшафтов, заболеваемость населения и др. И. В. Ивашкиной и Б. И. Кочуровым [89] при оценке качества городской среды г. Москвы применительно к 125 территориальным выделам оценивалось собственно экологическое качество среды (по показателям загрязнения почв и атмосферного воздуха, акустического состояния), транспортная доступность и социальная сфера. Последняя оценивалась по показателям обеспеченности населения объектами культуры, обеспеченности взрослого населения объектами социальной инфраструктуры, обеспеченности детского населения необходимыми объектами.

Поскольку перечисленные выше концепции (методические подходы) изучения городов базируются на системном подходе, между ними не существует противоречий. Выбор той или иной концепции исследований осуществляется исследователями в зависимости, с одной стороны, от решаемых задач, с другой – от их знаний и профессиональной подготовки. При комплексном изучении, оценке и картографировании городов исследователи используют все или большинство перечисленных подходов, поскольку подобные исследования

требуют целого комплекса методических подходов и приемов для решения таких задач, как анализ исходной ландшафтной ситуации, выявление источников воздействия и зон их влияния, дифференциация территории по выполняемым природным и градостроительным функциям, выбор операционной единицы оценки и картографирования городской среды, анализ техногенных нагрузок на природную среду, выявление и картографирование зон загрязнения городской среды и др.

При анализе городских геотехсистем прежде всего возникает вопрос о их размерности и границах. В принципе граница любой геотехнической системы должна совпадать с внешним контуром территории, включающей в себя технические ядра системы, рабочие и подсобные площади, а также зоны влияния техники на окружающую среду и среды на технику [60, 74]. Однако для интегральных геотехсистем, какими являются городские, задача усложняется. Если определение «ядер системы, рабочих и подсобных площадей» в виде функционально-территориальных структур не вызывает затруднений, то пространственное выделение зоны влияния весьма затруднительно. Сложность выделения границ зоны влияния города на прилегающие территории обусловлена несколькими причинами:

- трудностью получения точных фактических данных о том, где кончается зона влияния;
- неясностью какому виду влияния следует отдать предпочтение, так как они проявляются одновременно.

В связи с тем что выявление границ зоны влияния города весьма трудоемко и сложно, задача часто сводится к определению не истинной, а условной границы геотехсистемы.

Один из путей выделения зоны влияния городов – покомпонентный анализ изменений в окружающей среде. При этом предпочтение отдается линиям совпадения зон по нескольким компонентам. При таком подходе геоэкологическая граница городской геотехсистемы не соответствует административной, а очерчивает гораздо большую территорию. Площадь геотехсистемы при этом в десятки и более раз превышает площадь города. Для малых городов это соотношение значительно ниже (в 3–5 раз).

**ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ
(НА ПРИМЕРЕ г. МИНСКА)**

Анализ геолого-геоморфологических условий формирования городской среды является одним из необходимых этапов исследований для планирования градостроительного развития, позволяющих не только оценить пригодность территории для различных видов градостроительного использования, но и вероятность развития опасных геологических процессов.

Геолого-геоморфологические условия г. Минска и прилегающей территории определяются особенностями внутреннего строения и рельефа приповерхностной толщи четвертичных отложений. Эта толща отличается сложным строением, преобладанием напорных конечных морен и водно-ледниковых образований, их неравномерным распространением, литолого-генетическим и структурным разнообразием, наличием маломощного покрова лессовидных пород, локальным развитием отложений термогенной формации. В распределении различных отложений по территории прослеживается следующая закономерность: мощные в несколько десятков метров напорные конечные морены локализуются в виде массивов и дуг в западной и крайней северо-восточной частях города, тогда как менее мощные флювиогляциальные отложения развиты преимущественно по их южной периферии.

Неравномерное распределение отложений с различной мощностью определяет высокое гипсометрическое положение и отчетливое обособление форм на западе и северо-востоке г. Минска, наклон поверхности в юго-восточном направлении, закономерное распределение различных морфогенетических типов рельефа, размещение в разрыве между относительно повышенными участками рельефа сквозной ложбины с долиной р. Свислочи. Вышеназванные геолого-геоморфологические особенности обуславливают возникновение различных экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов, характер и интенсивность их развития.

Следует отметить уникальность многих геолого-геоморфологических объектов как памятников неживой природы на территории г. Минска и окрестностей, имеющих большое научно-познавательное, эстетическое, обучающее и рекреационное значения. К ним относятся самые высокая и низкая отметки поверхности города, наиболее типичные ледниковые и водно-ледниковые формы рельефа, обнажения межледниковых отложений, крупные валуны. Сохраненный первозданный рельеф придает эстетический вид городу и создает комфортную среду жизни человека [210, 247].

Отмеченные различия в структуре и геоморфологическом облике города определяют существенные изменения инженерно-геологических условий на территории г. Минска. Вышесказанное определяет актуальность изучения и оценки геолого-геоморфологических условий для городского развития, необходимость типизации территории по степени благоприятности инженерно-геологических условий для планирования строительства города и предотвращения геологических рисков.

Изучение геологического строения и рельефа территории г. Минска проводилось на основе полевого крупномасштабного геолого-геоморфологического обследования. При картографировании учитывались ранее опубликованные работы по геологии и геоморфологии Минского региона [46, 94, 112, 117, 119, 131], а также фондовые материалы по геологической съемке в районе г. Минска масштаба 1:50000.

В ходе полевых работ осуществлялось изучение распространения различных генетических типов отложений, выяснение их состава и структурно-текстурных особенностей, выявление и картирование отложений с различной плотностью. Это позволило установить основные типы и фации отложений: флювиогляциальные, моренные, лессовые, аллювиальные, делювиальные, техногенные и др. и закартировать площади их распространения. Инженерно-геологические особенности пород описывались с использованием методических приемов, разработанных Е. М. Сергеевым [261], В. Т. Трофимовым [314], А. И. Шеко [338] и др.

При оценке геоморфологических условий с точки зрения благоприятности для градостроительства основное внимание было сосредоточено на морфометрическом и морфогенетическом анализах рельефа [155, 267]. Характеризовались показатели горизонтального и вертикального расчленения рельефа и крутизны склонов. С учетом этих данных выделялись холмисто- и грядово-увалистые флювиогляциальные дельты и конусы выноса, площади развития камов, зандровых и моренных равнин, речные долины и другие типы и формы рельефа с различной степенью расчлененности, а также картировались основные типы склонов – делювиальные, оползневые, полигенные. В пределах площадей развития того или иного рельефа анализировались уровни и условия залегания подземных вод, характер их разгрузки. Основным источником информации об уровнях грунтовых вод явилась карта уровней грунтовых вод на территории г. Минска масштаба 1:50000 (ЦНИИКИВР). Использовались также результаты исследований по гидрогеологии г. Минска и Минского региона [46, 132]. Для оценки современных процессов лито- и морфогенеза картировались опасные геологические процессы [117, 201, 204]. При этом анализировались ведущие и сопутствующие второстепенные опасные геологические процессы, а также другие менее опасные, локально проявляющиеся процессы небольшой интенсивности [135].

Выполненные исследования на территории г. Минска позволили:

- охарактеризовать геолого-геоморфологические особенности территории города;

- выявить и закартировать неблагоприятные экзогенные геологические процессы на территории города;
- районировать территорию по степени благоприятности инженерно-геологических условий для освоения и подверженности неблагоприятным геологическим процессам.

2.1. Геолого-геоморфологические условия

Четвертичные отложения

На территории г. Минска и его окрестностей с поверхности повсеместно развиты четвертичные отложения. Они перекрывают сплошным покровом породы более древних систем и слагают современные формы рельефа. В суб-четвертичном ложе располагается плоско-волнистая поверхность, сложенная песчаными и песчано-глинистыми отложениями мела, девона и неогена. Вдоль долины р. Свислочи она расчленена неглубокой (до 20 м), но широкой (до 2–3 км) Свислочской палеоложбиной. Максимальная мощность четвертичных отложений (176–211 м) характерна для западной части города, а минимальная (около 122 м) – юго-восточной. Благодаря такому неравномерному распределению мощности четвертичных образований западная часть города является гипсометрически более возвышенной, а юго-восточная – относительно пониженной.

В строении четвертичного покрова территории участвуют средне-, верхнеплейстоценовые и голоценовые отложения. Нижнюю часть плейстоценового разреза отложений, залегающих на поверхности девона и мела, образует в основном супесчано-суглинистая морена. В ряде мест, преимущественно в замкнутых котловинах у деревень Мачулищи, Щомыслица и Волчковичи, на наревской морене залегают линзы беловежских межледниковых озерных и озерно-болотных гиттий с прослоями торфяников. Сверху эти отложения перекрыты шоколадными глинами (5–25 м) и Березинской мореной (до 67 м). На ее поверхности залегают песчано-гравийный материал и утончающиеся кверху пески фазы отступления Березинского ледникового покрова.

В скважинах у Национальной библиотеки, д. Лаперовичи, в долине р. Свислочи эти отложения содержат в кровле линзы аллювиальных и озерно-болотных образований александрийского ледникового горизонта. Поднятия и понижения, выраженные в Березинской поверхности, надстроены сверху моренами и межморенными водно-ледниковыми отложениями двухчленного припятского комплекса мощностью 30–95 м. Они содержат на пониженных участках многочисленные линзы муравинских органических супесей и торфов (скв. у деревень Тарасово, Степянка, Крыжовка, Дружба, Ярково, Мачулищи). Верхняя часть четвертичного покрова территории представлена отложениями поозерского ледникового и голоценового горизонтов. Поозерский горизонт слагают перигляциальные лессовидные, аллювиальные, склоновые и озерно-болотные образования.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение (<i>В. С. Хомич</i>)	3
Глава 1. Урбанизация и городская среда	7
1.1. Урбанизация: тенденции развития и экологические последствия (<i>В. С. Хомич</i>)...	7
1.2. Город и городская среда (<i>В. С. Хомич, С. В. Какарека</i>)	9
Глава 2. Геолого-геоморфологические условия формирования городской среды (на примере г. Минска)	17
2.1. Геолого-геоморфологические условия (<i>М. Е. Комаровский</i>).....	19
2.2. Современные геолого-геоморфологические процессы в условиях города, анализ их проявления и тенденций развития (<i>М. Е. Комаровский</i>).....	23
2.3. Районирование территории города по степени благоприятности инженерно-геологических условий для градостроительного освоения (<i>М. Е. Комаровский, В. С. Хомич, Д. Ю. Городецкий</i>)	28
Глава 3. Источники и уровни воздействия на городскую среду	36
3.1. Уровни и тренды выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (<i>С. В. Какарека, О. Ю. Круковская</i>)	36
3.2. Уровни и тренды атмосферных выпадений серы и азота на урбанизированных территориях (<i>С. В. Какарека</i>)	50
Глава 4. Гидрохимические потоки в городской среде и оценка трансформации природных вод	59
4.1. Урбанизация водосборов как фактор риска для речных экосистем (<i>О. В. Кадацкая</i>)	59
4.2. Влияние выноса загрязняющих веществ с поверхностным стоком с территории города на принимающий водоток (<i>Е. П. Овчарова</i>)	67
4.3. Особенности хемотрансформации вод рек, дренирующих урбанизированные участки водосборов (<i>О. В. Кадацкая, Е. В. Санец</i>)	76
Глава 5. Накопление и распределение загрязняющих веществ в городских почвах ..	92
5.1. Особенности почвенного покрова в городах и свойства почв (<i>Т. И. Кухарчик, В. С. Хомич</i>).....	93
5.2. Изучение распределения и оценка накопления тяжелых металлов в почвах г. Минска (<i>В. С. Хомич, Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека, С. В. Савченко, Д. Ю. Городецкий</i>).....	96
5.3. Особенности распределения тяжелых металлов в почвах зон интенсивного техногенного воздействия (<i>Т. И. Кухарчик, М. И. Козыренко</i>)	117
5.4. Полихлорированные бифенилы в почвах городов (<i>Т. И. Кухарчик, М. И. Козыренко</i>) ..	123
5.5. Загрязнение почв полициклическими ароматическими углеводородами (<i>Т. И. Кухарчик, В. С. Хомич, С. В. Какарека, П. В. Курман, М. И. Козыренко</i>).....	130

5.6. Направления действий по предотвращению и минимизации негативных последствий загрязнения почв (В. С. Хомич, Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека).....	139
Глава 6. Состояние растительности и организация ландшафтно-рекреационных территорий в городах (Л. А. Кравчук).....	147
6.1. Роль растительности в формировании качества городской среды.....	147
6.2. Предпосылки формирования природно-растительного комплекса в городах Беларуси.....	149
6.3. Структура насаждений в городах Беларуси.....	154
6.4. Организация ландшафтно-рекреационных территорий в городах.....	158
6.5. Оптимизация природного комплекса.....	174
Глава 7. Особенности функционирования и трансформации болотных комплексов в городах.....	180
7.1. Гидрохимические свойства болот и их трансформация (Н. К. Быкова, Т. И. Кухарчик).....	181
7.2. Растительный покров болот и его трансформация (Н. К. Быкова).....	196
7.3. Экологическая значимость болот и рекомендации по их использованию (Н. К. Быкова, Т. И. Кухарчик).....	204
Глава 8. Ландшафтное и биологическое разнообразие в условиях города.....	207
8.1. Оценка природного разнообразия городских ландшафтов (Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека, В. С. Хомич, Н. К. Быкова).....	207
8.2. Ключевые участки для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия (Л. А. Кравчук, Н. К. Быкова).....	218
Глава 9. Автотранспортные ландшафтно-функциональные комплексы в условиях города.....	223
9.1. Ландшафтно-функциональный комплекс как территориальная единица для выделения и классификации автотранспортных систем городов (В. А. Рыжиков).....	223
9.2. Загрязнение депонирующих компонентов (В. А. Рыжиков, В. С. Хомич).....	228
9.3. Состояние древесных насаждений (В. А. Рыжиков).....	240
Глава 10. Комплексная оценка состояния городской среды (на примере г. Минска) (С. В. Какарека, В. С. Хомич, Т. И. Кухарчик, Л. А. Кравчук).....	243
10.1. Оценка состояния природных компонентов.....	245
10.2. Зонирование территории города по интегральному индексу состояния городской среды.....	255
10.3. Районы с наиболее неблагоприятной экологической ситуацией и мероприятия по оптимизации городской среды.....	258
Глава 11. Ландшафтно-экологическая оценка пригородной территории.....	262
11.1. Эколого-географические критерии выделения границ пригородной территории (М. И. Струк).....	263
11.2. Экологическая оценка ландшафтов пригородной территории (М. И. Струк, С. Г. Живнач).....	271
Заключение (В. С. Хомич, С. В. Какарека).....	279
Литература.....	281