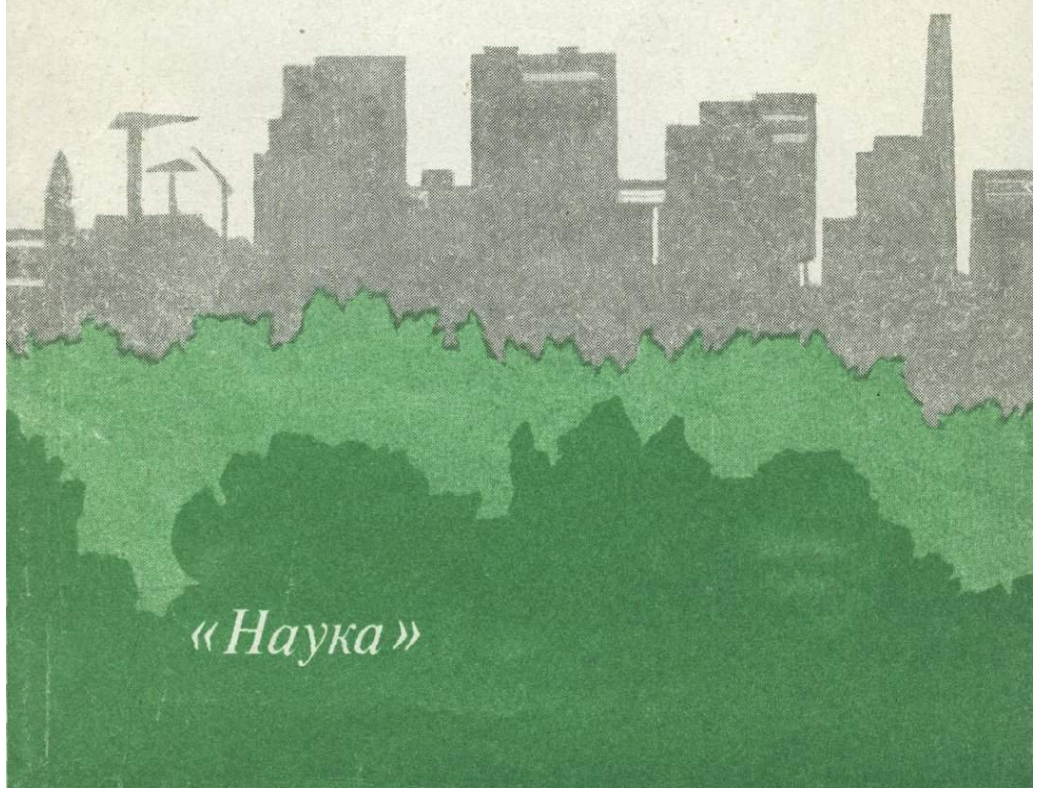


Академия наук СССР

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

A stylized illustration of a city skyline with various buildings and structures, rendered in shades of gray. In the foreground, there is a dense layer of green foliage, possibly trees or bushes, which partially obscures the base of the city. The overall style is graphic and minimalist.

«Наука»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ЛИТОСФЕРЫ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

5140

Ответственные редакторы
академик Е.М. СЕРГЕЕВ
кандидат геолого-минералогических наук Г.Л. КОФФ



МОСКВА
"НАУКА"
1989



Авторы:

Л.В. БАХИРЕВА, А.Д. ЖИГАЛИН, М.В. КАРАГОДИНА, Е.А. КИСЕЛЕВА,
Л.С. КОЖЕВИНА, В.Н. КОЛОМЕНСКАЯ, В.Ф. КОТЛОВ, Г.Л. КОФФ, Э.А. ЛИ-
ХАЧЕВА, Г.П. ЛОКШИН, С.А. МАМОНТОВА, Н.С. ПРОСУНЦОВА, Е.Е. ЯРАН-
ЦЕВА.

УДК 504.06 : 911.375

Рациональное использование и охрана окружающей среды городов /
Л.В. Бахирева, А.Д. Жигалин, М.В. Карагодина и др. — М.: Наука,
1989. — 91 с. ISBN 5-02-005898-X

Книга посвящена разработке территориальных комплексных схем (ТКС) охраны окружающей среды городов. Авторами рассмотрены экологические и социально-экономические проблемы рационального использования и охраны геологической среды городов; основные принципы и способы оценки техногенного воздействия на геологическую среду городов; методика оценки техногенных изменений геологической среды и их последствий. Освещены информационное и картографическое обеспечение ТКС охраны окружающей среды городов, методы инженерно-геологических прогнозов, оценка эффективности мероприятий по рациональному использованию и охране геологической среды, а также вопросы совершенствования ТКС в процессе их реализации.

Для геологов, экологов, строителей.

Urban Environment: Rational Use and Protection. L.V. Bakhireva,
A.D. Zhigalin, M.V. Karagodina et al. Nauka Publishers, Moscow,
1989. 91 p.

The book is devoted to the elaboration of the environmental protection schemes of cities. The authors give consideration to the ecological and social-economic problems of the rational use and protection of geological environment of cities; basic principles and ways for estimating technogeneus impact on geological environment of cities; methods for evaluating technogeneus changes in geological environment and their consequences. Considered are the informational and cartographic provision of the environmental protection schemes of cities, methods of the engineering geological prediction, estimate of the efficiency of measures for the rational use and protection of geological environment and likewise problems of the improvement of the environmental protection schemes and their realization.

Табл. 6. Ил. 7. Библиогр.: 63 назв.

Рецензенты Н.А. Михайлов, М.В. Рац

Р 1502010000-234 42-89. Кн. 2
055 (02)-89

© Издательство "Наука", 1989

ISBN 5-02-005898-X

ВВЕДЕНИЕ

Усиление взаимодействия человека с природой проявляется в самых важных общественных сферах — экологической и экономической. Радикальные преобразования управления этими сферами заключаются в решительном переходе от административных к экономическим и эколого-экономическим методам управления, в повышении значимости человеческого фактора при проектировании систем расселения. По отношению к природопользованию это означает резкий поворот к экологизации проектирования, строительства и эксплуатации разноуровневых природно-техногенных систем, к более всестороннему учету взаимодействующих природных и социальных факторов.

В настоящее время в результате ошибок в управлении, планировании, проектировании строительства и эксплуатации природно-техногенных систем и несогласованности экономических и экологических решений на территории многих городов проявляются ущербобразующие геологические процессы. Для стабилизации геологической обстановки необходимы капитальные вложения, значительно превышающие затраты, которые потребовались бы на предотвращение потенциального ущерба от негативных изменений геологической среды (Волгодонск, Запорожье, Одесса и др.).

В условиях возрастающих техногенных нагрузок, сочетающихся с высоким потенциалом изменчивости воспринимающей их геологической среды, очень важно выявить оптимальные варианты для комплексного территориального размещения производственных, социальных и экологических структур городского хозяйства, установить приоритетность мероприятий по инженерной защите территорий, разработать комплекс согласованных и взаимодополняемых мер по рациональному использованию и охране геологической среды. Эти задачи решаются в процессе разработки и внедрения территориальных комплексных схем (ТКС) рационального использования и охраны окружающей среды городов. Геологическому аспекту методики составления подобных схем посвящена эта монография. В настоящее время составлены (или завершаются) ТКС охраны и рационального использования окружающей среды Москвы, Ленинграда, Минска, Омска и других городов. Некоторые примеры, приведенные в монографии, отражают геологическую ситуацию в городах Московской области. Для совершенствования градостроительных исследований особое значение приобретают теоретические и методические основы рационального использования и охраны геологической среды — сложной многокомпонентной динамической системы, испытывающей многофакторное техногенное воздействие в условиях одновременного взаимодействия с атмосферой, наземной гидросферой, биотой, космическим пространством и внутренними сферами Земли.

Авторы благодарят Е.М.Сергеева, Г.А.Голодковскую, П.Ф.Швецова за внимание к их работе и надеются, что она внесет вклад в перестройку управления природопользованием.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА ГОРОДОВ, ПРОБЛЕМЫ ЕЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ

1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА КАК ЧАСТЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В настоящее время роль геологической среды как компонента сложных систем города значительно возрастает, так как увеличение мощности производства и усложнение городской структуры ведет к повышению напряженности при использовании новых территориальных ресурсов, в том числе литосферных, характеризующихся в целом более сложными условиями инженерной подготовки, застройки, эксплуатации по сравнению с ресурсами, освоенными ранее; возникновению конфликтных ситуаций при освоении территорий, из-за чего подготовка и эксплуатация некоторых из них сопровождается ухудшением качества городской среды: росту города "вверх" и "вниз", что включает в "работу" новые структурные этажи литосферы; возрастанию интенсивности взаимодействия природных и социальных факторов.

Развивая идеи В.И. Вернадского о ноосфере, А.В. Сидоренко отнес земную кору, а также растительный и животный мир, почву, воду и минеральное сырье к специфическим природным ресурсам: пространству, в котором проходит жизнь и труд человека, с его положительными и отрицательными качествами, благоприятствующими или мешающими развитию человечества. Это "пространство взаимодействий" Е.М.Сергеев определил как геологическую среду: "любые горные породы и почвы, слагающие верхнюю часть земной коры рассматриваются как многокомпонентные системы, находящиеся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека, что приводит к изменению природных геологических процессов и возникновению новых антропогенных инженерно-геологических процессов, изменяющих инженерно-геологические условия определенной территории" [44].

Тесная связь геологической среды с источником возмущений приводит к их функциональному единству, проявляющемуся в одновременных (или с некоторым запаздыванием) изменениях как показателей геологической среды (например, деформируемости грунтов), так и определяющихся ими свойств техногенных объектов (устойчивости сооружения). Изменения геологической среды в зоне взаимодействия с источником возмущения (техногенным объектом) весьма существенны, а размеры и перестройка этой зоны зависят от иерархического уровня взаимодействующих объектов и блоков геологической среды: парагенетическая ассоциация пород—город; массив—здание и т.д.

2. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

В области градостроительства часто подходят к городу только как к объекту градостроительного исследования и проектирования [35]. Представляя город как целостный и развивающийся пространственный объект, специалисты в этой области не рассматривают его во взаимосвязи с природной средой, в частности с геологической [16].

Изучение взаимодействия технососиосферы с окружающей средой может быть осуществлено на основе системного подхода. Методологические функции системного подхода обуславливают его своеобразие. Основная продукция, получаемая при его использовании (конструкции, проекты, нормы, методические предписания и т.п.), проверяется лишь на реализуемость [53]. Системный подход позволяет конструировать междисциплинарные и межотраслевые проблемы, к которым относится проблема составления схем охраны и рационального использования геологической среды городов, входящих в состав комплексных схем охраны окружающей среды. Согласно этому подходу, под геосистемой понимается такой способ коллективной организационной деятельности в сфере геологии, который позволяет целенаправленно конструировать геосистемный объект и контролировать его функционирование и развитие. Так, для города конечной целью могут быть системы градостроительного зонирования территорий, рационального использования территориальных ресурсов, мероприятий по защите природной среды и др. Критериями выбора цели служат благоприятность освоения территории, сложность инженерно-геологических условий, эстетическая ценность ландшафта и т.д.

С точки зрения системного подхода [18] геосистемный объект должен отражать интересы всех сфер человеческой деятельности в городе и поэтому не может быть ограничен современными контурами города. Он представляет собой часть геологической среды с операционально-фиксированными пространственно-временными границами.

Для выделения границ геосистемных объектов могут быть использованы частные принципы описания с позиций естественно-объективного и модельно-целевого [18] подходов, но общие методологические посылки должны быть разработаны на основе системного подхода. Выделение единого геосистемного объекта позволяет объединить усилия различных специалистов в области геологии для решения комплексной задачи составления схем охраны и рационального использования геологической среды.

При решении задач, связанных с созданием ТКС охраны окружающей среды, следует руководствоваться положением о сохранении гомеостатических границ системного объекта. Выход за пределы гомеостатического равновесия может привести к необратимым изменениям природной обстановки, нарушению устойчивости инженерных сооружений и условий их эксплуатации. Для предотвращения этого важно соблюдать принцип соответствия потребностей и развития народного хозяйства возможностям природной среды.

3. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

Взаимодействие общества с окружающей средой, являющейся по отношению к нему ресурсным и материально-пространственным базисом, обуславливается рядом требований к результатам взаимодействия. Оптимальное взаимодействие — реализация экономически и социально-экологически целесообразных и технически обоснованных решений при проектировании и строительстве различных объектов — обеспечивается комплексным изучением природных и экономических условий района освоения.

Окружающая природная среда вмещает не только проектируемый объект, это — среда функционирования общества в целом. Качество этой среды определяется совокупностью ее физических, химических, биологических, геологических и социальных свойств, влияющих на человека, социально-экономическую структуру общества, живую и неживую природу.

Качество среды обитания населения устанавливается сопоставлением исходных оценок состояния отдельных компонентов окружающей среды с системой стандартных нормативов (ПДК и др.) и показателей. Анализ последствий экологических взаимодействий общества и природы в геологической среде осложняется тем, что по сравнению с другими средами (водной, воздушной) геосреда обладает рядом особых свойств: гетерогенностью, реализующейся в значительной пространственной изменчивости и временной динамичности; особой контрастностью строения; кумулятивностью — скоростью изменений и замедленностью конечного эффекта воздействий; эластичностью — адсорбцией внешних взаимодействий; избирательной трансляцией воздействий в окружающую среду и др.

Преобразования геологической среды при строительстве и эксплуатации многих сооружений значительно превышают проектные радиусы сферы взаимодействия и поэтому влияют как на здания и сооружения, значительно удаленные от проектируемых, так и на экосистемы. Подобное влияние значительно усиливается в условиях интенсификации застройки территорий сложившихся городов и узлов. Известны многочисленные случаи, когда "правильное" и "ведомственно" обоснованное строительство вызывало непредвиденные негативные изменения геологической среды на значительном удалении от возведенных объектов. Так, вокруг Красноярского водохранилища подпор подземных вод распространился до 4—5 км. Во Владивостоке при забивке свай под высотное здание треснул цоколь памятника, расположенного на большом удалении от здания. Подобных примеров множество. Интенсивность и дальность "выноса" воздействий в окружающую геологическую среду за пределы расчетной зоны взаимодействия сооружения с его литогенной основой можно определить с помощью комплексного фактора экологической трансляции воздействий.

Комплексный фактор экологической трансляции воздействий (физических, химических, геологических) определяется 'характером геогра-

фической среды, зонально-климатическими условиями, чувствительностью геологической среды к воздействиям, продолжительностью и характером воздействий. Разнообразие этих составляющих формирует пестрое гетерогенное пространство геоэкофакторов. В числе геоэкофакторов можно выделить косвенные и прямые. К косвенным отнесем условия залегания геологического тела в сфере взаимодействия, его пространственные размеры, экспозицию, углы наклона, неоднородности макростроения, проявляющиеся в рельефе.

В составе косвенных геоэкофакторов, в свою очередь, можно выделить региональные и локальные. Косвенные региональные геоэкофакторы, реализуясь в ландшафтных системах, определяют интенсивность солнечной радиации, температуры и влажности воздуха, интенсивность атмосферных осадков, поверхностного стока, скорость ветра, тип биоценозов, а следовательно, характер обмена информационными вещественными и энергетическими потоками между сферой взаимодействия и окружающей средой. Косвенные локальные геоэкофакторы обуславливаются неоднородностями геологических тел более высоких порядков и определяют влияние воздействий на локальные фрагменты геологической среды и связанные с ними локальные объекты. К косвенным локальным геоэкофакторам относятся эрозионно-тектонические элементы, формирующие отдельные склоны, трещины, микроструктуры, котловины и др.

К числу прямых геоэкофакторов, способствующих непосредственной трансляции воздействий за пределы сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой, относятся структурно-текстурные характеристики, состав и состояние пород в сфере взаимодействия, геофизические параметры пород и особенно гидрогеологические условия.

Любую экосистему или ландшафт характеризует совместное функционирование биоценозов и абиотических компонентов, возможное благодаря особому механизму регуляции. На состоянии экосистемы, с одной стороны, отражаются изменения, происходящие в геологической среде; с другой стороны, через экосистему в геологическую среду могут транслироваться воздействия и изменять ее состояние. В любом случае изменения в экосистеме будут свидетельствовать о возникновении в геологической среде новых процессов или о ее техногенном загрязнении. При этом надо учитывать высокую чувствительность экосистемы по сравнению с геологическими системами.

Экологическая оценка количественно характеризует изменение биокомпоненты в экосистеме. Экономическая оценка направлена на изучение состояния естественных и искусственных (техногенных) систем, которые, как и экосистемы, функционально связаны с геологической средой. На основании их оценки можно косвенно судить о состоянии геологической среды.

Социально-экономические факторы (СЭФ) наряду с природными оказывают существенное влияние на развитие негативных инженерно-геологических процессов. К их числу относятся: планирование и

управление природно-техногенных систем (ПТС), диагноз и прогноз развития проектируемых и эксплуатируемых природно-техногенных систем, их взаимосвязи с сопредельными ПТС; проектирование, строительство и эксплуатация сооружений в ПТС.

Глава II

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ СХЕМА (ТКС) ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДА

4. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И НАУЧНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ТКС ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ГОРОДОВ

ТКС охраны природы служат задачам адаптации ПТС различного иерархического уровня, установления приоритетности мер по приспособлению их компонентов к изменениям внутренних и внешних условий. В научной концепции ТКС реализуются четыре основных принципа: системность, комплексность, вариантность и программно-целевой подход.

Системность разработки ТКС определяет одновременный всесторонний экологический, социальный и экономический анализ внутренних и внешних условий оптимального функционирования.

Системность разработки ТКС должна пониматься как сочетание ведомственных интересов и как необходимость перехода от ТКС более низких порядков к ТКС природно-техногенных и природных систем более высоких порядков. В результате должны быть установлены и ранжированы актуальные и потенциальные ущербообразующие факторы (геозофакторы).

Комплексность разработки ТКС предполагает осуществлять одновременно учет техногенных возмущений и наносимого ими ущерба природным компонентам ПТС и природным системам (ПС); учет техногенных изменений геологической среды и других природных условий и ущерба, наносимого измененным геологическим компонентом техногенным, экологическим объектам и населению. Для учета всех видов ущерба и планирования затрат на его предотвращение и компенсацию целесообразно в определенных ситуациях рассматривать геологический компонент ПТС как территориальные литосферные ресурсы (ТЛР) — *определенные по качеству и количеству блоки гидролитосферного пространства, являющиеся материально-пространственным базисом деятельности человека.*

Программно-целевой подход предполагает конкретное определение основных целей, выделение промежуточных и конечных результатов и в итоге разработку программ мероприятий по рациональному использованию и охране геологической среды. Конечным результатом разработки ТКС является выбор наиболее эффективного по социальным, экономическим и экологическим показателям варианта мероприятий по рациональному использованию и охране геологической среды.

Территориальные, комплексные и отраслевые схемы охраны природы

являются одновременно предплановыми и предпроектными документами. Они должны предшествовать разработке схем и проектов районной планировки и технико-экономического обоснования генпланов городов и промузлов. Содержательная ценность природоохранных схем определяется наличием ряда важных информационных аспектов.

1. Комплексные и объектные схемы охраны природы оценивают устойчивость отдельных структурных ячеек природы и, следовательно, предоставляют необходимую информацию для предварительного размещения хозяйственных объектов с учетом особенностей их давления на природную среду.

2. Схемы объединяют в едином комплексе природные (экологические) и хозяйственные критерии взаимодействия, дополняя их специфическими региональными критериями, что дает возможность наиболее сбалансированно использовать природно-ресурсный потенциал территорий.

3. Порайонная дифференциация природных и хозяйственных факторов позволяет выработать уточняющие критерии качества окружающей среды, а также дополнительные порайонные требования к устройству систем мониторинга различных компонентов природы.

4. Схемы представляют научно обоснованные долгосрочные программы мероприятий по рациональному использованию и охране окружающей среды с учетом ее региональных особенностей.

Таким образом, схемы охраны природы являются развернутыми программами, позволяющими перейти на проектной стадии к более детальной технической и технологической разработке первоочередных мероприятий, направленных на охрану здоровья населения и улучшение среды его обитания, на увеличение социально-экологической ценности природных ресурсов, снижение ущерба от потерь основных и оборотных фондов, сокращение потерь от стихийных процессов и др.

Приоритетные природоохранные проблемы, разрешаемые с помощью соответствующих мероприятий, можно подразделить на типы в зависимости от территориального уровня природоохранной схемы и временной изменчивости взаимодействующих природных и хозяйственных факторов. С другой стороны, приоритетные проблемы различаются сферой проявления: экономической (на этапах планирования и проектирования, строительства, эксплуатации объектов) и социально-экологической. Приоритетные проблемы на всех уровнях определяются ареалом распространения формирующей проблему ситуации взаимодействия, временным фактором, размером реального или потенциального ущерба.

Эффективность планируемых мероприятий подтверждается совокупностью критериев качественной и количественной оценки взаимодействия природы и объектов, образующих единую систему стандартов качества окружающей среды. Стандарты подразделяются на природные (характеризующие состояние компонентов ПС — гидросферы, атмосферы, биосферы и поверхностной гидросферы) и хозяйственные (оценивающие предельно допустимый уровень воздействия производственных объектов на компоненты окружающей среды).

Сочетание тех и других критериев позволяет установить нормативы хозяйственной нагрузки и выработать правила застройки и эксплуатации территорий. В соответствии с характером освоения территории выделяются градостроительные, производственно-хозяйственные, рекреационные и другие нормативы.

Для обеспечения оптимального взаимодействия природных факторов с производственно-хозяйственными и на основании изложенной выше научной концепции ТКС в их состав последовательно включают: 1) определение целей и задач ТКС, качества и количества информации для каждого этапа и компонента; 2) создание общей информационной модели; 3) инвентаризацию и оценку состояния природных объектов и их комплексов; 4) прогноз изменений при альтернативных воздействиях; 5) учет и анализ ретроспективной, существующей и планируемой хозяйственной нагрузки на природные объекты; 6) анализ и уплотнение информации, выделение небольшого числа информационно емких сравнимых показателей, позволяющих охарактеризовать компоненты ПТС и ПС и их динамику; 7) выделение проблемных ситуаций взаимодействия между природными и хозяйственными компонентами; 8) ранжирование проблемных ситуаций взаимодействия с выделением приоритетных; 9) технико-экономическое обоснование альтернативных вариантов решения приоритетных природоохранных проблем; 10) выбор комплекса наиболее эффективных мероприятий (организационно-научных, правовых, технических, технологических и др.); 11) определение порядка перманентного обновления природоохранной схемы по мере изменения характера и последствий взаимодействий природной среды и производственно-хозяйственных объектов; 12) организация регионального банка данных для проектировщиков; 13) установление контроля за состоянием ПТС и ПС, соблюдением технологий и правил экспертизы проектов, штрафов за сверхнормативные загрязнения.

5. МЕСТО ТКС ОХРАНЫ ПРИРОДЫ В СИСТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРОДОВ

В зависимости от объекта изучения (город, производственно-территориальный комплекс, природный регион [33]) можно выделить ТКС различных масштабных уровней. Различия заключаются в объеме и характере закладываемой в ТКС информации, специфике используемых приемов и методов разработок, а также степени детализации рассматриваемых в схемах природоохранных мероприятий [19].

Создание многоуровневых схем, объединенных целевой направленностью, может служить методологическим обоснованием для решения проблем охраны природы в целом. В этом случае один и тот же территориальный объект (город, отдельное предприятие, ландшафт, административный район, памятник культуры или природный объект) рассматривается неоднократно, что позволяет не только оценить особенности самого объекта, но и выявить его структуру, природоохранные проблемы как собственно объекта, так и контактируемых с ним природных сред, определить его место ПТС

более высокого порядка. При этом становится возможным качественно и всесторонне дать оценку рассматриваемой ПТС. Схемы ПТС межрегионального и регионального уровня (которые по отношению ПТС—город являются внешними, или вмещающими) оценивают город как локализованный комплексный источник воздействия на природу, в том числе на геологическую среду. В этом случае интенсивность влияния города на геологическую среду зависит от региональных природных условий и техногенного воздействия.

Город—ПТС можно рассматривать как внешнюю, вмещающую систему, если объектом ТКС является район города, отдельное уникальное здание или сооружение, т.е. исследование ведется на индивидуальном уровне. В данном случае вмещающая система, весьма сильная, за счет обилия и разнообразия источников воздействия практически определяет состояние и развитие индивидуального объекта. Характер возможных рекомендаций по рациональному использованию геологической среды при этом включает в себя как организационные мероприятия, так и технико-экономическое обоснование технологически, экологически и экономически оптимальных вариантов комплекса природоохранных мероприятий. ТКС города являются схемами крупномасштабного локального уровня, на котором решаются задачи технологического и организационного плана [6].

Здесь в процессе разработки схемы можно выявить основные источники воздействия, установить зоны их влияния, основные потоки и концентрацию загрязнений, степень трансформации отдельных компонентов и геологической среды в целом. Индивидуализация рекомендаций может быть упрощена при районировании ПТС с выделением зон функционирования, участков влияния и взаимоналожения влияний от различных источников.

Таким образом, целесообразно до составления территориальных комплексных схем охраны природы города тщательно проанализировать имеющиеся мелкомасштабные схемы рационального пользования и на их основании определить общие закономерности ПТС—город, его место среди остальных объектов, выявить зону его значимого влияния и соотношение этой границы с административными границами города, установить место рассматриваемого объекта среди прочих объектов—городов. Формальными проектными документами могут служить схемы и проекты районной планировки, ТКС охраны природы области, схемы экономического развития отдельных отраслей народного хозяйства. В качестве геологического обоснования могут служить карты и схемы инженерно-геологического районирования.

6. ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗНУРОВЕННЫХ ТКС ОХРАНЫ ПРИРОДЫ В СИСТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ, РАЙОННОЙ ПЛАНИРОВКИ ГОРОДОВ И ИХ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН

В настоящее время ТКС разрабатывается в соответствии с планированием и проектированием народнохозяйственной деятельности на новом качественном уровне, с коррективами, основанными на прогнозной информации, а также информации о негативных последствиях и опыте их предупреждения или ликвидации.

Целесообразна последовательная разработка ТКС на трех информационных уровнях. Схемы первого (регионального) уровня являются по преимуществу констатационными, второго (субрегионального) — констатационно-прогнозными, третьего (локального) — прогнозными. Первому информационному уровню соответствует разработка ТКС области, второму — разработка ТКС субрегиональных единиц (районов области, крупных городов, горнопромышленных комплексов и т.д.), третьему — разработка ТКС средних и малых городов, заводов и т.п. В ходе разработки ТКС первого информационного уровня определяется необходимость и очередность разработки ТКС последующих уровней.

На втором информационном уровне разработки ТКС рекомендуется использовать масштаб 1:100 000—1:200 000. Цель этой разработки — районирование (оценка) субрегиональных ареалов приоритетных проблемных ситуаций. На схемах более детально отображаются типы критического воздействия в рамках проблемных ПТС и ПС, выделенных на предшествующем уровне. На втором информационном уровне решаются те же задачи, что и на первом, но с большей степенью детальности, соответствующей увеличению масштаба исследований. Установление и картографическое отображение комплексных актуальных и потенциальных оценок состояния геологической среды и социально-экономической сферы; проведение и сопоставление природного и экономического районирования на основе ограниченного числа наиболее информационно емких признаков; выявление на основе проведенного районирования проблемных ситуаций взаимодействия общества и природы (актуальных и потенциальных); выявление ареалов приоритетных (критических) проблемных ситуаций; определение целей и основных направлений их решения во взаимосвязи с целями экономического и социального развития региона; экономическое обоснование и схематическое выделение основных систем мероприятий, направленных на региональное использование и охрану ТЛР; разработка предложений по управлению ТЛР в регионе с поэтапным выделением решения поставленных задач.

На третьем информационном уровне (рекомендуемый масштаб 1:50 000—1:10 000) объектами изучения являются локальные ПТС и ПС, отвечающие локальным ареалам приоритетных проблемных ситуаций. На этом уровне решаются те же задачи, что и на первых двух, но с еще большей степенью детальности, определяющейся масштабом исследований.

Расчетные периоды рассмотрения ТКС на первом информационном уровне — 20, на втором — 15 — 20, на третьем — 10 лет. Расчетные показатели относятся к последнему году каждой пятилетки. Современные показатели определяются для последнего года предшествующего пятилетия, в котором составляется схема. Особенности и требования к информации об основных компонентах геологической среды охарактеризованы ниже.

Горные породы. Ведущий компонент геологической среды, материальная основа для хозяйственного освоения территории, непосредственно подвергающаяся воздействию и трансформирующаяся в его результате. Для целей ТКС (любого масштабного уровня) горные породы оцениваются с позиций инженерной геологии, как грунты.

Наиболее детальные и объективные критерии оценки грунтов разработаны для целей строительства (разнообразные СНИПы). Однако задачи ТКС требуют более специфического, универсального подхода к их оценке, что связано с необходимостью учета различных видов освоения и получения универсальной оценки устойчивости к воздействиям для больших площадей. Большое влияние на выбор критериев оказывает структурно-тектоническая позиция территории. Возможности выбора ограничиваются из-за недостатка информации о грунтовых массивах (при отсутствии специальных изысканий). Кроме того, универсальный критерий оценки грунтов должен позволить провести сопоставление различных территорий. Указанные требования определяют трудность выбора оценочного критерия (или комплекса критериев).

Одним из универсальных критериев оценки грунтовой толщи на первом уровне разработки ТКС может служить коэффициент неоднородности. На втором и третьем уровнях целесообразно использовать более конкретные инженерно-геологические показатели (геоэкофакторы), такие как прочность, деформируемость, характеристика однородности разреза грунтовой толщи по вертикали, а также сугубо локальные критерии.

Общие сведения о грунтовых массивах можно получить из стандартных геологических карт и карт четвертичных отложений, либо, что возможно при высокой степени изученности района, карт инженерно-геологического районирования.

Геологические и инженерно-геологические (техногенные) процессы. Динамика геологической среды проявляется в геологических процессах как естественных, так и вызванных хозяйственной деятельностью. Распределение процессов по площади и их интенсивность зависят, в первую очередь, от типа и состояния геологической среды, от геоморфологической ситуации, от зонально-климатических условий. Для решения проблем ТКС геологические процессы следует оценивать с позиции возможности их активизации в результате воздействия, что ведет к затруднению (удорожанию) дальнейшего освоения, эксплуатации сооружений и природных объектов, наносит ущерб как экологического, так и экономического характера.

При составлении ТКС учет геологических процессов предлагается производить в несколько этапов. Первым этапом их оценки является

составление перечня развитых на данной территории процессов, их распространенности и интенсивности. Задача следующего этапа исследований заключается в ранжировании выявленных геологических процессов с выделением наиболее интенсивных и распространенных по площади максимально влияющих на ущербобразование. Среди этих процессов выделяются по степени интенсивности наиболее опасные (приоритетные для ТКС). Приоритетными для учета геологической среды в ТКС могут быть и локально развитые процессы, но имеющие катастрофический характер (сели, оползни и т.п.).

Почвы. Специфический субкомпонент геологической среды, основные характеристики которого в равной степени зависят от особенностей подстилающих пород (литогенной основы) и экзогенной обстановки (физико-географической).

Почвенный покров нарушается практически при любом освоении. Почвы территорий, занятых под всевозможное строительство, изучены обычно с позиции их мощности, физического состояния. Почвы районов, не вовлеченных в хозяйственное освоение или используемых в качестве рекреаций, обычно почти не изучены. При составлении ТКС почвы в качестве субкомпонента геологической среды следует рассматривать с точки зрения их мощности (косвенно указывающей на устойчивость к воздействию) и ее изменения за счет разрушения верхних горизонтов.

Рельеф. При хозяйственном освоении территорий рельеф можно рассматривать с различных позиций, например, как геоэкофактор, влияющий на распространение микроклиматических характеристик, распределение растительного и почвенного покрова и определяющий структуру водосборных бассейнов, а также как фактор качественной оценки поверхности.

Основные виды воздействия, ведущие к преобразованию рельефа, связаны с осуществлением различного рода строительства, сельскохозяйственным освоением земель, мелиорацией, горнодобывающей деятельностью. В процессе освоения естественный рельеф преобразуется в зависимости от потребностей народного хозяйства, приобретая черты техногенного.

В ТКС представляется целесообразным использовать различные критерии оценки рельефа, в зависимости от масштаба создаваемой картографической модели. При этом целью является выявление участков наименее благоприятных для освоения: легко трансформирующихся, экологически неустойчивых. Для достижения этой цели универсальные показатели могут остаться прежними, однако, интерпретация их видоизменяется. Выбор критериев, а главное, установление их граничных значений, находится в прямой зависимости от морфометрических условий территории. Например, для горных районов предпочтительны показатели глубины расчленения или крутизны склонов, а для равнинных территорий более информативным будет критерий густоты расчленения.

Для оценки рельефа, как субкомпонента геологической среды, при разработке ТКС области, морфометрические характеристики, полученные по регулярной сетке на всю исследуемую площадь, под-

вергаются анализу с выделением наименее устойчивых к изменениям (наихудших для освоения) территорий. На втором и третьем уровнях выбор дополнительных критериев оценки рельефа зависит от ведущего вида освоения и предъявляемых в данном случае к рельефу требований. В любом случае для получения морфометрических показателей следует использовать в качестве базовой государственную топографическую карту, одномасштабную с составляемой схемой ТКС с общепринятым (стандартным) уровнем генерализации количественных характеристик рельефа.

Подземные воды. Задачей информационного гидрогеологического обеспечения ТКС является оценка естественной защищенности основных водоносных горизонтов; водообеспеченности городов на определенную перспективу; возможного влияния водоотбора на состояние геологической среды.

В качестве информационного обеспечения ТКС второго уровня необходимо использовать такой круг показателей, которые обладали бы максимальной информативностью по отношению ко всему комплексу процессов, происходящих в гидролитосфере. К таким показателям относятся: макроэлементы HCO_3^{2-} , Ca^{2+} , CO_2^{2-} (показатели карбонатного равновесия), SO_4^{2-} (сульфатной агрессивности), NO_2 , NO_3 (бытового загрязнения), Cl^- (промышленного и бытового загрязнения); микроэлементы — цинк, медь, бериллий, серебро, рубидий, стронций, никель, мышьяк, молибден и др., а также интегральные показатели изменения гидрогеохимических условий, нежелательные тепловые выделения, общая минерализация, pH, органическая составляющая.

Вследствие значительных диапазонов водной миграции эти элементы могут использоваться в качестве гидрогеохимических индикаторов общих региональных свойств гидрогеологических структур и происходящих в них процессов.

Задачами гидрогеологического аспекта ТКС третьего уровня являются: прогноз степени и характера изменения качественного состава природных вод при локальном воздействии; оценка направленности физико-химических процессов в конкретной геохимической ситуации; оценка степени негативности актуальных изменений, особенно приближения их к критическому уровню или перехода через него; обоснование и выбор необходимых защитных и привентивных мероприятий; организация локальной режимной службы (мониторинга) для предотвращения критической ситуации. Этот уровень составления ТКС отличается значительным диапазоном масштабов рассмотрения тех или иных объектов или явлений — от конкретного локального до фрагментарного. В соответствии с этим конкретные задачи достаточно разнообразны, а список приоритетных показателей, составляющих основу информационного обеспечения, достаточно широк для всего комплекса задач, но в то же время узок для конкретной задачи.

Самым сложным и наименее разработанным вопросом является прогноз проявления инженерно-геологических процессов. Между тем инженерно-геологические процессы, в подавляющем большинстве, являются физико-химическими, протекают с участием воды и микро-

организмов. При этом физико-химические реакции, происходящие в системе вода—природа, являются иногда определяющими (например, карстообразование).

Среди физико-химических процессов, прогноз которых необходим для решения конкретных задач на данном уровне ТКС, следует назвать: направленность процессов взаимодействия воды и породы, приводящих либо к процессам аутигенного минералообразования (переходу компонентов из жидкой фазы в твердую), либо к процессам растворения минералов (прежде всего, карбонатов, гидроокислов, сульфатов) в конкретных условиях водоносных горизонтов или мест импактного воздействия на породы сбросных вод; степень накопления максимальных (термодинамически допустимых) концентраций токсичных компонентов, вплоть до содержаний, нормируемых ПДК; изменение термодинамического равновесия в сторону твердой или жидкой фазы при изменении граничных условий и течении процессов, происходящих в связи с этим в геологической среде; процессы катионного обмена в гидrolитосфере, которые при условии максимального их проявления становятся доминирующими среди факторов изменения фильтрующей способности пород, в частности глин; трансформация состояний элементов при изменении условий функционирования водоносной системы, ибо известно, что нормы миграции химических элементов и их соединений определяют подвижность элементов, их способность вступать в реакции, токсичность и т.д.

Глава III

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ ГОРОДОВ

7. ИСТОЧНИКИ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В городах и городских агломерациях сосредоточено максимальное по количеству и разнообразию число источников воздействия на геологическую среду, вследствие чего происходят как позитивные, так и негативные ее изменения.

Источниками техногенного воздействия являются промышленные, энергетические и сельскохозяйственные предприятия, транспорт, линии электропередач, магистральные трубопроводы, станции противокоррозионной защиты, очистные сооружения, склады и т.п., по отношению к которым геологическая среда является субстратом или вмещающей средой. При оценке воздействия на геологическую среду необходима инвентаризация источников техногенного воздействия. Их можно классифицировать по геометрической форме и размерам, интенсивности и времени действия, виду оказываемого воздействия, т.е. по характеру преимущественного загрязняющего эффекта. При классификации необходимо учитывать положение источника по отношению к геологической среде, встречаемость источника и место его нахождения.

По геометрической форме и размерам источники могут быть точечными, линейными, площадными и объемными. Все определяющие размеры точечного источника малы по сравнению с расстоянием до точки наблюдения, и конечность этих размеров не вносит существенных искажений в характер измеряемых величин. Линейный источник характеризуется преобладанием одного из геометрических размеров, соизмеримого с расстоянием до точки наблюдения и превосходящего его. Площадной источник определяется преобладанием двух размеров над третьим и соизмеримостью их с расстоянием до точки наблюдения. Объемный источник характеризуется соизмеримостью между собой и с расстоянием до точки наблюдения всех трех определяющих размеров.

Интенсивность воздействия источников оценивается количеством энергии или вещества (биомассы), выделяемым в единицу времени на единицу площади. Интенсивность источника определяет скорость переноса энергии и вещества через единицу поверхности, отделяющей источник от геологической среды. В этом смысле реальной площадью обладала лишь поверхность, ограничивающая площадные и объемные источники. Поскольку для точечного и линейного источников понятие "поверхность" не является физической реальностью, при оценке интенсивности такого рода источников следует говорить о скорости истечения энергии или вещества (в случае точечного источника) или о скорости истечения энергии или вещества, отнесенной к единице длины (в случае линейного источника).

5140
Скорость истечения энергии измеряется в джоулях за секунду (Дж/с) или ваттах (Вт). Таким образом, интенсивность источника, генерирующего энергию, измеряется в Вт/м² для объемного и площадного, в Вт/м — для линейного и в Вт — для точечного источников. Поскольку скорость истечения вещества измеряется в килограммах в секунду, интенсивность источников в случае вещественного обмена измеряется в кг/с·м² и кг/с соответственно для объемных и площадных, линейных и точечных источников.

Учитывая возможность биологического воздействия со стороны ряда источников, следует оговорить, что интенсивность такого рода источников может оцениваться либо по величине энергии, производимой микроорганизмами, либо по количеству биомассы самих микроорганизмов.

По интенсивности источники делятся на три группы: низкого, среднего и высокого уровней интенсивности. При низком уровне интенсивности источники не могут вызывать в геологической среде возмущений, существенно отличающихся от фона. При среднем уровне интенсивности во внешней по отношению к источнику среде могут происходить изменения, не выходящие за рамки допустимых с точки зрения сохранности инженерных сооружений, оптимальности условий существования фито- и биоценозов и жизнедеятельности человека. При этом верхними пределами в этом интервале интенсивности должны служить величины технологических, физиологических и т.п. параметров, регламентируемые нормативными документами. При высоком уровне интенсивности источника могут возникать изменения геологической среды, выходящие за рамки предельно допустимых.

По времени действия источники подразделяются на постоянные, периодические и временные. Следует заметить, что транспортные магистрали, как наиболее распространенный в городах источник воздействия, могут в зависимости от их значимости относиться ко всем трем классификационным группам.

По положению относительно геологической среды, верхней границей которой является поверхность Земли, источники классифицируются на надземные, наземные и подземные.

По встречаемости в пределах городской территории источники могут быть разделены на общегородские, зональные и локальные. Общегородские источники распределены достаточно равномерно по всей территории города. Зональные источники сосредоточены преимущественно в пределах какой-либо одной функциональной зоны города. Локальные источники размещаются на особых территориях и функционально связаны с городом в целом. Встречаемость источников, относящихся к категориям общегородских и зональных, количественно может выражаться величиной, называемой "индексом встречаемости" и определяющей количество соответствующих объектов в пределах выбранной единицы площади территории.

По виду оказываемого воздействия источники можно подразделять на источники физического, химического и биологического воздействия.

8. ВИДЫ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Одним из видов техногенного воздействия на природную и в том числе на геологическую среду является физическое. Физическое техногенное воздействие, опосредствованное через искусственные физические поля (температурное, электромагнитное, электрическое, магнитное, статическое или динамическое поле механических колебаний), приводит к появлению физического загрязнения, заключающегося в повышении уровня указанных полей выше допустимых пределов с технологической и физиологической точек зрения.

Наиболее существенными при оценке состояния геологической среды представляются статическое и динамическое поля, температурное и электрическое поле блуждающих токов. Наличие искусственных физических полей, по уровню многократно превышающих природные аналоги, обуславливает значительное суммарное физическое техногенное воздействие на геологическую среду в городах и может приводить к изменению инженерно-геологического качества последней. Техногенные физические поля легко детектируются инструментально или могут оцениваться косвенным образом по оказываемому ими воздействию на геологическую среду и находящиеся в ней сооружения. Второй путь возможен в пределах застроенных территорий, где уже существует сеть коммуникаций, имеются инженерные сооружения, заглубленные в грунт.

Источниками статического поля являются все сооружения. Его распространение пространственно ограничивается объемом грунтовой массы ниже сооружения и не выходит значительно за плоскостные границы самого сооружения. Статическое поле проявляется в виде нагрузки на грунты основания фундаментов инженерных сооружений

и вызывает изменение их свойств и деформацию, выражающуюся в абсолютной или относительной осадке. Наблюдения за осадками, приводящими в критической ситуации к деформациям, а иногда и к разрушению сооружений, являются косвенным способом оценки проявления статического поля. Статическое поле проявляется на территориях, в пределах которых проводятся интенсивные откачки артезианских вод, нефти, газа, а также горные выработки.

Динамическое поле (вибрация) возникает вблизи промышленных предприятий, строительных площадок и т.п. Наиболее существенным источником динамического поля является транспорт. Динамическое поле проявляется в виде механических колебаний грунтовой массы в частотном диапазоне от единиц до нескольких сотен герц. Для транспорта характерны вибрации в диапазоне 10—200 Гц при уровне колебаний 50—100 ДБ, что соответствует скорости смещения частиц грунта от 15,8 до 5000 мкм/с. Виброгенерирующие промышленные агрегаты создают колебания в диапазоне 100—200 Гц при уровне 80—100 ДБ (скорость смещения частиц 500—5000 мкм/с). Динамическое поле может быть измерено непосредственно по величине виброскорости или виброускорения, что позволяет оценивать уровень вибрации на разных расстояниях от источника и определять границу зоны существенного динамического воздействия на геологическую среду. Параметром низкочастотной вибрации, к которой относится техногенная вибрация от транспортных средств и промышленных предприятий, является виброскорость.

Затухание и скорость передачи вибрации в литосферном пространстве определяется акустической жесткостью пород и степенью их дисперсности. В плотных глинистых грунтах и в скальных породах динамическое поле распространяется на достаточном удалении от источника, но разрушительное его воздействие незначительно. В песчаных грунтах вибрация передается на небольшие расстояния от источника, но последствия ее могут быть ощутимыми.

Мерой механического воздействия может служить деформация грунтов, которая зависит от оказываемого на них давления. Можно выделить пять диапазонов, количественно характеризующих величину воздействия. Отсутствие воздействия соответствует интервалу давления на грунт в пределах его структурной прочности сжатия $0 \leq P \leq P_0$. Для слабого воздействия ($P_0 \leq P \leq P_1$) характерно восстановление утраченных качеств среды при устранении воздействия. При среднем воздействии ($P_1 \leq P \leq P_2$) — имеют место линейные деформации грунта, не восстанавливающиеся при устранении воздействия. Для умеренного воздействия ($P_2 \leq P \leq P_3$) характерно наличие нелинейных необратимых деформаций без разрушения. Сильное разрушительное воздействие ($P < P_3$) характеризуется нелинейными разрушающими деформациями.

Температурное поле проявляется в виде изменения сложившегося температурного режима толщи пород и состоит в увеличении ее температуры, если имеет место приток тепловой энергии, или уменьшении в случае оттока. Источниками температурного поля являются промышленные предприятия с "горячим" производством, теплопро-

воды, подземные отапливаемые или нагревающиеся в процессе функционирования сооружения, участки промораживания грунтов при строительстве, хранилища сжиженного газа и т.п. Температура грунта вблизи источников может изменяться от $+160^{\circ}\text{C}$ (подземные газоходы в металлургическом производстве) до -160°C (подземные хранилища сжиженного газа). Изменения температурного поля, обусловленные воздействием теплообразующих объектов, не распространяются на значительные расстояния, а затухают в пределах первой сотни метров. Поэтому все источники теплового загрязнения могут быть достаточно четко локализованы и изучены.

Электрическое воздействие, реализующееся в виде поля блуждающих токов, непосредственно влияет на коррозионную активность грунтов. Увеличение плотности блуждающих токов повышает скорость протекания электрохимической коррозии. Источниками блуждающих токов являются электрифицированные железные дороги, трамвай и метрополитен, силовые подстанции, станции катодной защиты, широкоэвещательные радиостанции и т.п. Как правило, указанные источники продуцируют утечку тока до $0,02-0,5 \text{ мА/м}^2$.

При выборе количественных показателей изменения коррозионных условий целесообразно принимать скорость электрохимической коррозии, численно равную скорости проникновения коррозионного процесса в глубину металла конструкций, оболочек или труб и измеряемую в миллиметрах за год (мм/год). Оценку воздействия следует проводить, ориентируясь на трубопроводы, не оборудованные системами электрической противокоррозионной защиты.

Электрическое воздействие на геологическую среду может быть слабым, средним, умеренным и сильным. Для количественной оценки воздействия можно использовать данные о средних сроках службы городских подземных трубопроводов. Толщина труб городских трубопроводов составляет $2-7 \text{ мм}$. Преобладают трубы с толщиной стенок 2 мм . Срок службы трубопроводов без замены труб установлен равным в среднем 10 годам. Таким образом, в нормальных условиях скорость коррозии стальных труб не должна превышать $0,2 \text{ мм/год}$. При слабом воздействии не происходит сокращения срока службы трубопроводов за счет внешней электрохимической коррозии. При сильном воздействии срок службы городских подземных трубопроводов сокращается в десять и более раз. Скорость коррозии превышает $2,0 \text{ мм/год}$. Эти данные без существенной погрешности могут быть распространены на все незащищенные металлические элементы инженерных сооружений подземного заложения. Предельным значениям скорости коррозии соответствуют определенные величины плотности поляризирующего тока, которые изменяются в пределах $0,2-0,4 \text{ А/м}^2$ — при слабом воздействии, до $1,7 \text{ А/м}^2$ и более — при сильном воздействии.

Химическое воздействие — это воздействие техногенных потоков вещества, образуемых в результате технической и коммунально-бытовой деятельности, а также при рассеянии средств химизации сельского хозяйства, следствием которого является химическое загрязнение геологической среды и смежных блоков биосферы. В перечне

загрязняющих веществ приоритетные места занимают хлороорганические пестициды (ДДТ и др.), полициклические ароматические углеводороды с индикатором этой группы канцерогенным бензапиреном, а также тяжелые металлы [37]. Химическое воздействие можно разделить на подвиды: газовые и пылевые выбросы, твердые отходы, сточные воды предприятий, поверхностный сток. В городах и урбанизированных зонах наибольшую опасность для населения представляют выбросы в атмосферу, приводящие к загрязнению воздушного бассейна.

Каждый из подвидов химического воздействия отличается степенью рассеяния химических веществ, преимущественным влиянием на определенный компонент природной среды, геохимической характеристикой. Твердые отходы в местах их захоронения образуют локальные очаги загрязнения, а при размыве загрязняют почвы, поверхностные и подземные воды. Сточные воды предприятий и поверхностный сток преимущественно загрязняют природные воды; газовые и пылевые выбросы являются источником распространения техногенных веществ в атмосфере и через нее в почвах, поверхностных водоемах и растительности. Поверхностный городской сток является важной составной частью загрязнения поверхностных и подземных вод.

Геохимическая характеристика отходов включает в себя: химический состав, абсолютный уровень поставки, относительную интенсивность. Все виды отходов характеризуются высокими концентрациями загрязнителей, широкой комплексностью и высокой вариабельностью состава. Полиэлементность — характерная черта состава отходов, в которых концентрации элементов в десятки, сотни и тысячи раз превышают их средние содержания в земной коре (табл. 1).

Под действием различных видов отходов формируется разная техногенная геохимическая нагрузка на природную среду, которая определяется количеством поступающих загрязняющих веществ и степенью концентрации в них химических элементов. Анализ абсолютных масс поступления химических загрязняющих веществ в природную среду крупных урбанизированных зон показал, что в ряду твердые отходы — стоки — выбросы количество поступающих элементов равномерно уменьшается, причем для ряда малых рек городов загрязнения, поступающие с поверхностным городским стоком, превышают поступление загрязняющих веществ с промышленным стоком. Вместе с тем, по относительной интенсивности уровня поступления загрязнителей выбросы занимают ведущее место.

Отходы каждой отрасли промышленности имеют специфическую геохимическую характеристику, каждое предприятие внутри отрасли имеет свой геохимический облик. Наиболее крупными загрязнителями являются предприятия черной и цветной металлургии, химической промышленности и производства строительных материалов. Соотношение различных типов загрязнителей зависит от используемого сырья, топлива, технологии производства.

Так, сравнение уровней загрязнения атмосферы городов Московской области Клина и Загорска с примерно одинаковой отраслевой структурой промышленности (химическая, пищевая промышленность, про-

Таблица 1

Геохимическая характеристика отходов города (по данным [4, 17, 41, 56, 62])

Вид отходов	Степень относительной концентрации элементов				Неметаллические вещества—загрязнители
	п·1000	п·100	п·10	п	
Газовые и пылевые выбросы в атмосферу	ртуть, вольфрам, сурьма, кадмий, свинец, цинк	молибден, серебро, медь, висмут	олово, кобальт, хром, ванадий, никель	марганец, цирконий, бор, скандий, литий, бериллий, иттербий, ртуть, молибден, мышьяк, серебро, сурьма	пыль, двуокись кремния, ароматические углеводороды (в т.ч. бензапирен), фтористые соединения, окислы углерода, азота, серы, смолистые вещества, сероводород
Твердые отходы	висмут, кадмий, серебро	олово, сурьма, цинк, медь, хром, серебро, свинец, кадмий	никель, ванадий, вольфрам, свинец, медь, сурьма, хром, ртуть, молибден	никель, ртуть, иттербий, молибден, медь, цинк, свинец, мышьяк, сурьма	силикатные материалы (стекло, бытовая и строительная керамика, природные и искусственные камни, песок), пыль, шлак, зола (остатки от спекания костей, дерева, текстиля, резины)
Сточные воды	ртуть, хром, кадмий, медь	свинец, цинк	фтор, мышьяк, стронций, алюминий, медь	хром, фтор	углеводороды, металлоорганические соединения, органические растворители, неорганические кислоты, щелочи, синтетические жирные кислоты, сероуглерод, нефтепродукты

изводство строительных материалов, машиностроение) выявило различные геохимические ассоциации загрязнителей в атмосфере этих городов. Если атмосфера Клина характеризуется существенным (до 5 ПДК) загрязнением окислами серы, азота, пылью, сероводородом, сероуглеродом, то атмосфера Загорска содержит меньшее количество загрязняющих веществ (сернистый ангидрит — 1,5 ПДК, акролеин — 1,5 ПДК).

В процессе разработки ТКС охраны окружающей среды города при оценке загрязнения компонентов природной среды начальным этапом является инвентаризация источников загрязнения. Химическое загрязнение природной среды городов формируется, как правило, в результате действия нескольких источников и разных видов отходов. Геохимическое многообразие их определяет необходимость типизации химического воздействия в соответствии с возможным характером его влияния на природные процессы.

При группировке и ранжировании химических воздействий необходимо использовать следующие критерии: геохимическая специфика техногенных потоков вещества (химический состав, токсичность, устойчивость в природной среде, геохимическая активность), направленность, динамика и длительность химических воздействий.

Биологическое воздействие оказывают источники, которые поставляют в окружающую среду организмы и продукты жизнедеятельности последних. К источникам биологического воздействия на территории города относятся поля орошения, отстойники, сеть канализации, бытовые и промышленные свалки, кладбища. Во всех этих случаях в геологическую среду поступают продукты жизнедеятельности человека и животных, патогенные микроорганизмы. По данным городских СЭС кишечные палочки обнаруживаются в подземных водах на глубине до 300 м. Кроме того, в сточных водах названных источников, содержащих самые разнообразные органические соединения, развиваются различные группы микроорганизмов, которые вместе со своими продуктами обмена также попадают в почву, грунты, подземные воды [55, 58].

Источниками биологического воздействия являются все предприятия пищевой промышленности. В сточных водах этих предприятий, содержащих преимущественно растительный и животный материал, также развиваются микроорганизмы, загрязняющие окружающую среду. Аналогичная картина наблюдается и на предприятиях кожевенной промышленности [61].

Биологическое воздействие на окружающую среду оказывают крупнотоннажные предприятия микробиологической промышленности по производству микробного белка из углеводов нефти. Используемые на этих предприятиях культуры дрожжей распространяются в воде в виде аэрозолей. Со сточными водами они переносятся на несколько километров от производящих их заводов, попадают в почву и могут вызывать заболевания у людей [27].

Источниками биологического воздействия могут быть целлюлозно-бумажные, нефтеперерабатывающие и текстильные предприятия. В сточных водах этих предприятий будут развиваться микроорганизмы, использующие в качестве источника углерода и энергии сложные полимеры (целлюлоза, углеводороды и др.) [5]. В сточных водах и смазочном материале на металлообрабатывающих заводах обнаружена разнообразная микрофлора, достигающая 10^9 кл на мл. Субстратом для развития микроорганизмов послужили углеводороды нефти и жирные кислоты, являющиеся основным компонентом сточных вод предприятий тяжелой промышленности [57].

К источникам биологического воздействия на геологическую среду можно отнести и терриконы, которые после разработки рудников и угольных шахт часто остаются в черте города. В состав пустой угольной породы входят минералы типа пирита. Установлено, что главную роль в окислении этих минералов и формировании кислых "желтых" стоков с терриконов играют тионовые бактерии. Кислые стоки микробного происхождения с терриконов попадают в почву, грунты и подземные воды, повышая агрессивность вод и угнетая растительность вокруг терриконов [54].

Биологическое воздействие на окружающую среду связано в основном с жизнедеятельностью микроорганизмов. Очевидно также, что биологическое воздействие наряду с другими типами воздействий будет оказывать влияние на микробные системы в природе, деятельность которых может привести к неблагоприятным изменениям в геологической среде.

9. ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОСВОЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ

С момента возникновения первого городского поселения появилась необходимость жизнеобеспечения городов, которая постоянно поддерживалась и повышалась за счет создания систем коммуникаций и удаления отходов, усовершенствования транспортных средств, а также за счет поступления извне больших количеств воды и энергии, промышленного и сельскохозяйственного сырья.

Современный город представляет собой крупный населенный пункт, выполняющий сложные промышленные, организационно-хозяйственные, управленческие, культурные, транспортные и другие функции. Помимо территории, ограниченной административной границей, город отторгает у природной среды значительные по площади пространства, лежащие в отрыве от городской черты, отчуждаемые под различные сооружения. Часть этих сооружений непосредственно связана с нуждами города (аэропорты, места отдыха и т.п.), а часть — косвенно (сортировочные железнодорожные станции, внегородские склады, карьеры строительных материалов, горнорудные предприятия, промыслы).

В настоящее время город представляет собой многозональную полифункциональную систему, развивающуюся от простой к более сложной конфигурации и соподчиненности. При численности населения городов до 100 тыс. человек может сохранять их хозяйственную монофункциональность, тогда как города с большим по численности населением полифункциональны и сочетают административные, различные производственные, транспортные, торговые, научные, культурные, рекреационные и другие функции.

Городская территория по структурно-функциональному признаку подразделяется на ряд самостоятельных зон: селитебную и внеселитебную, промышленную, коммунально-складскую, санитарную, рекреационную, внешнего транспорта, прочих земель. Все перечисленные зоны тесно связаны между собой. Практика планирования городов показывает, что для полифункционального города наибольшая по площади территория приходится на долю селитебной зоны — 42% (от всей территории города), промышленная зона занимает 18%, зона прочих земель — 14%, внешнего транспорта — 10%, рекреационная — 8%, коммунально-складская — 6% и санитарная — 2%. В то же время градостроительная практика допускает взаимопроникновение функциональных зон, что наиболее характерно для городов, имеющих длительную историю развития.


По определению Е.М. Сергеева, "город — это территория, где

воздействие человека на поверхностную часть земной коры наиболее интенсивно и разнообразно" [43]. Города являются природно-техногенными системами, в которых инженерно-хозяйственная деятельность человека достигает наибольшего воздействия на геологическую среду и в которых техногенная и геологическая части должны рассматриваться как единое целое.

Пока природные системы, в пределах которых города могли рассматриваться как подсистемы, сбалансированные по своим функциональным связям с другими подсистемами, обладали достаточными возможностями к регенерации, серьезных проблем в вопросах взаимодействия природной и технической (городской) систем не возникало. На современном этапе перспектива негативных последствий урбанизации становится реальностью. Такая ситуация, получившая широкое распространение, вызывает необходимость планового рассмотрения вопросов взаимодействия природных и технических систем, моделирования развития такого рода взаимоотношений, а также разработки комплексных мероприятий, направленных на предотвращение негативных последствий техногенного воздействия. Одним из таких мероприятий является составление ТКС охраны природы среды в связи с ее рациональным использованием.

Для составления оптимальных вариантов ТКС охраны природной среды и планирования природоохранных мероприятий на территории города или городской агломерации необходимо выявить пространственную дифференциацию освоенности этих территорий с учетом качественных и количественных характеристик.

В экономической географии хорошо разработаны функциональная и генетическая типологии городов на основе анализа их народно-хозяйственной структуры. Известны типологии городов по характеру экономической структуры, по структуре занятости, роли в системах расселения разного масштаба, по возрасту. Подход к оценке освоенности территории освещен в ряде работ советских географов [2, 11, 26, 36].

При проведении типологии городов по степени хозяйственной освоенности территории можно исходить из трех основных показателей, определяющих удельный вес каждого промышленного пункта: стоимости валовой продукции, стоимости основных производственных фондов, численности промышленно-производственного персонала, отнесенных к единице площади города. При этом следует остановиться на представлении  том, что освоенность территории определяется уровнем развития производительных сил и уровнем производительности, достигнутыми на данной территории [26].

Для измерения уровня развития производительных сил территории целесообразно использовать показатели плотности основных фондов народного хозяйства и плотности промышленно-производственного персонала или плотности населения, проживающего на данной территории. В свою очередь уровень производительности или уровень экономической отдачи территории является результатом использования ее природного и экономического потенциала, а также ресурсов, поступающих с других территорий, что отражается в показателе

Таблица 2

Типология городов Московской области по степени инженерно-хозяйственной освоенности территории

Относительно низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
0,3—0,6*	0,7—0,9	1,0—1,5	1,6—2,1
Зарайск, Домодедово, Руза, Чехов, Можайск, Одинцово, Химки	Загорск, Волоколамск, Дмитров, Истра, Талдом, Шатура, Коломна, Луховицы, Наро-Фоминск	Видное, Егорьевск, Пушкино, Раменское, Серпухов, Солнечногорск, Ступино, Красногорск, Мытищи, Ногинск, Озеры, Орехово-Зуево, Павловский Посад	Балашиха, Воскресенск, Щелково, Кашира, Клин, Подольск, Люберцы

Примечание: *интегральный индекс освоенности территории.

производства валовой продукции, отнесенной к единице площади [26, 45].

На этой основе разработан графический метод совокупного отображения этих трех показателей, который позволил передать их взаимосвязь, характеризующую степень инженерно-хозяйственной освоенности территории.

На основе этого интегрального показателя была проведена типология городов Московской области по степени инженерно-хозяйственной освоенности (табл. 2) и составлена карта-схема инженерно-хозяйственной освоенности городов Московской области.

Наиболее высокая плотность инженерно-хозяйственного освоения в городах к востоку от Москвы, в старопромышленном районе, и в городах, расположенных по Оке и находящихся в непосредственной близости от Москвы. Интегральное использование приведенных выше показателей позволяет более полно оценить хозяйственную освоенность территории города и вытекающую из этого степень воздействия человека на геологическую среду, что важно учитывать при составлении ТКС охраны природной среды в связи с ее рациональным использованием.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

10. ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Хозяйственная деятельность на территории городов в значительной мере изменяет первоначальное состояние геологической среды, в результате чего возникают инженерно-геологические процессы и явления, отличающиеся от природных большим разнообразием и более высокой интенсивностью. Обследование городов Московской области показало, что наиболее неблагоприятные явления связаны с подтоплением, морозным пучением грунтов, эрозионным размывом, оползанием и оплыванием береговых склонов, развитием карстово-суффозионных процессов.

Основными причинами подтопления территорий и связанных с ним увеличением пучинистости грунтов и заболачиванием являются уничтожение естественных дренажей (планировка местности, засыпка оврагов, возведение насыпей и т.д.), утечки из коммуникаций, а в отдельных случаях создание искусственных водоемов (в Троицке, Ногинске, Дмитрове и др.). Морозное пучение грунтов является достаточно широко распространенным процессом, проявляющимся в местах залегания с поверхности пород песчано-суглинистого состава или пылеватых песков. Изменение влажностного режима грунтов в ходе освоения городских территорий способствует пучинообразованию, которое наблюдается вдоль линий связи и электропередач (наклон столбов), а также на дорогах, приводя к деформации дорожного покрытия (Серпухов, Троицк, Воскресенск и др.). Помимо названных последствий подтопления необходимо иметь в виду и набухание грунтов, которое может привести к деформации фундаментов сооружений. В результате локализованных утечек промышленных вод часто возникают участки размыва поверхности земли, образуются промоины, активизируются овражная эрозия и линейная суффозия.

Увеличение увлажнения пород на присклоновых участках, подрезка и застройка последних приводят к активизации склоновых процессов, из которых наиболее опасными и распространенными являются оползневые. Наиболее крупные оползни отмечаются в южной части Московской области (Серпухов, Пущино, Кашира). Они захватывают юрские и каменноугольные глинистые отложения и образуют несколько оползневых ступеней на значительных по протяженности участках. В Кашире активизация оползней в верхней части склонов обусловлена созданием запруд в крупных оврагах и последующим подмывом склонов.

Анализ результатов рекогносцировочного обследования, проведенного в 13 городах Московской области, позволил дать общую картину распространения инженерно-геологических процессов на основе классификации Ф.В. Котлова [29]. Таблица 3 иллюстрирует достаточно широкий спектр процессов и явлений, получивших развитие на

Таблица 3

Распределение инженерно-геологических процессов и явлений на территории городов Московской области

Город	Морозное пучение	Термоусадка	Образование верховодки	Затопление, подтопление, заболачивание	Размокание, уменьшение прочности связанных грунтов	Уменьшение глубины сезонного промерзания	Оползни, оплывины	Линейная механическая суффозия	Суффозионно-карстовые	Переработка берегов	Эрозия
Дмитров	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Можайск	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+
Солнечногорск	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-
Наро-Фоминск	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Егорьевск	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Чехов	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+
Троицк	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Серпухов	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Кашира	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+
Шатура	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Воскресенск	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-
Ногинск	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+
Истра	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+

территории городов Московской области в результате инженерно-хозяйственной деятельности (табл. 3).

Морфометрия, морфология рельефа и коррелятные отложения влияют на направленность и интенсивность экзогенных рельефоформирующих процессов и приводят к изменению состояния геологической среды в целом. Изменения водного и теплового баланса, режима грунтовых вод, вызванных сменой растительных сообществ, водозабора, сведением леса, сельскохозяйственным использованием территории отражаются на характере рельефа.

На территории города, как правило, сохраняется общий морфологический облик историко-генетического комплекса рельефа. В долине изменяются морфологический облик и морфометрические характеристики, направленность рельефообразующей деятельности реки: нарушается процесс формирования поймы, русла, что вызывает нередко катастрофические явления ниже по течению реки. Основной тенденцией градостроительного освоения территории является выравнивание поверхности, уничтожение микрорельефа, снижение уклонов, уменьшение глубины и густоты расчленения. Эти мероприятия приводят к снижению энергии рельефа и упрощению структуры водосборных бассейнов, что в свою очередь вызывает уменьшение склоно-

вого транзита, поверхностного стока, естественной эрозии. На территории могут возникнуть перенасыщение грунта талыми, дождевыми водами, новые водоносные горизонты, подтопление и суффозионно-механические просадки поверхности и провалы.

Иногда происходит увеличение уклонов, глубины и густоты расчленения (при создании искусственной дренажной сети). В этих случаях в зоне подработки в массиве могут произойти сдвиги грунтов, пластическое выдавливание, эрозионный размыв откосов, оползни, обвалы и т.д.

Замена естественного грунта асфальтом и бетоном приводит к изменению характеристик водного баланса, уменьшению площади естественно эродируемых грунтов и инфильтрации атмосферных осадков, конденсации влаги под зданиями и сооружениями, изменению теплофизических свойств грунтов. В то же время увеличивается поверхностный сток и размывающая сила потока, что может вызвать техногенную эрозию.

Сравнение схемы изменения морфометрических характеристик рельефа территории Москвы (рис. 1) с данными о деформациях зданий и сооружений показало, что максимальное число неблагоприятных явлений наблюдается на участках с наиболее измененным рельефом, где мощность техногенных отложений превышает 3 м.

Изменения гидрогеологических условий урбанизированных территорий сложны, многообразны. Это определяется сочетанием многочисленных, разнонаправленных факторов, из которых наиболее значительным является интенсивная эксплуатация подземных и поверхностных вод на промышленные и хозяйственные нужды. Ежегодно районные центры Московской области потребляют 1730 млн м³ воды. Интенсивный водоотбор, водоотлив из дренажных сооружений, регулирование ливневого стока, вывоз снега приводят к снижению уровня подземных вод (в городах, расположенных на востоке и юге Московской области, произошло понижение уровней подземных вод от 20 до 100 м с образованием депрессионных воронок площадью от десятков до тысяч квадратных километров); осушению водоносных пластов или снижению напоров; к превращению области питания водоносных горизонтов в области их разгрузки; к сокращению или исчезновению разгрузки подземных вод в реки, при этом поверхностные воды из области разгрузки превращаются в область питания; исчезновению родников; изменению направленности потоков подземных вод; снижению разгрузки подземных вод на испарение.

В долинах рек, где водоотбор подземных вод соизмерим с расходами реки, может произойти перехват речного стока целиком, ухудшение экологической обстановки в районе. Перехват водозаборами подземных вод, дренируемых озерами, приводит к осушению или обмелению последних; повышению уровня их эвтрофикации, снижению качества вод, потери их рекреационного значения, ухудшению качества вод, подтягиваемых с их стороны водозаборами. Дренажное осушение болотных массивов в связи с водоотбором вызывает повышение кислотности подземных вод, их обогащение органикой, железом,

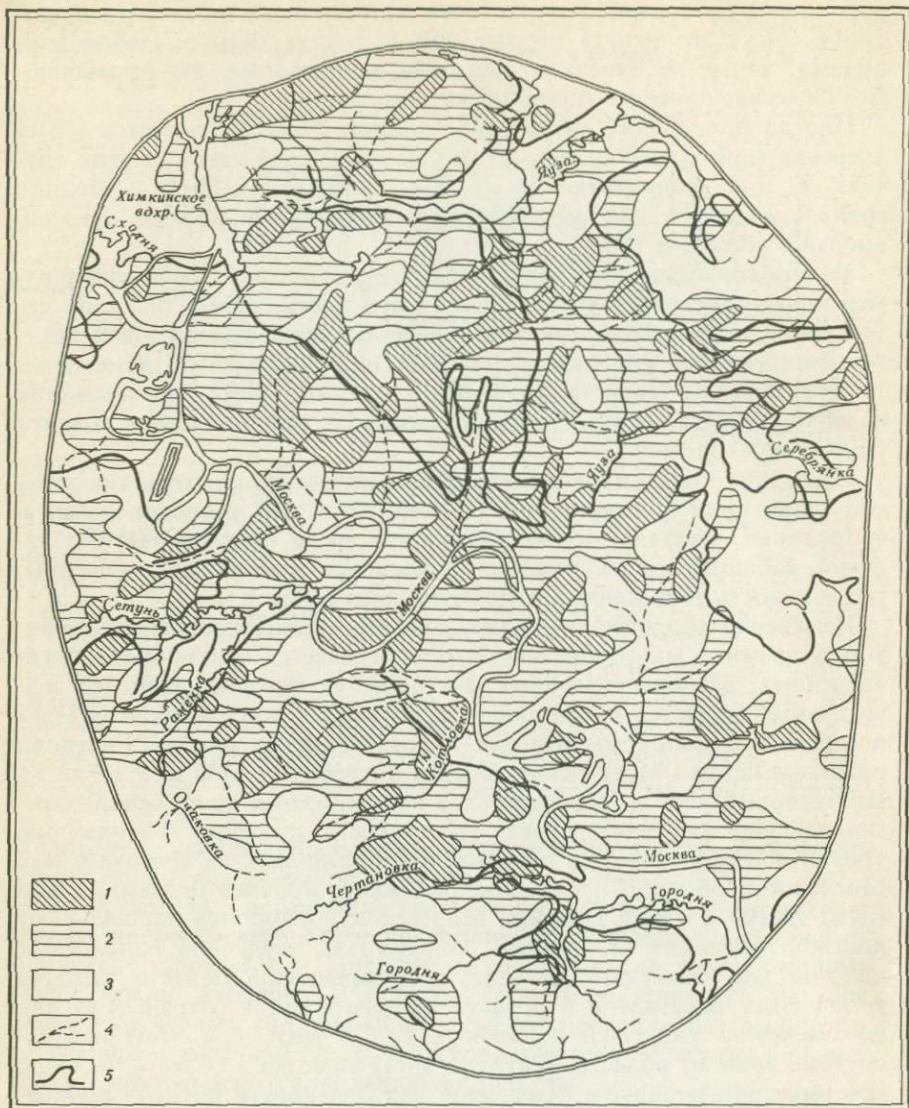


Рис. 1. Схема оценки изменений рельефа на территории Москвы

Степень изменения рельефа: 1 — сильно измененный (изменены абсолютные отметки, глубина расчленения более чем на 3 м/км^2 , засыпана гидросеть); 2 — частично измененный; 3 — практически неизменный; 4 — утраченная гидросеть; 5 — границы долинного комплекса

марганцем, азотистыми соединениями. Возрастает вероятность пожаров за счет самовозгорания торфов, снижается меженный сток рек.

Кроме того, под влиянием интенсивного водоотбора, изменяющего состояние как водовмещающих, так и разделяющих слоев, происходит оседание земной поверхности, в результате чего подтапли-

ваются городские территории в зонах влияния водохранилищ, что сопровождается нарушением подземных коммуникаций, разрушением зданий и сооружений.

Под влиянием водоотбора возникают или интенсифицируются карсто-суффозионные процессы, проявляющиеся на поверхности земли провальными воронками. В этом случае среди основных факторов, формирующихся в результате интенсивного водоотбора подземных вод, отмечается увеличение скоростей фильтрации и интенсивности изменения величины гидростатического давления вследствие снижения пьезометрических уровней. Эти последствия приводят к переформированию источников восполнения запасов подземных и поверхностных вод и изменению естественного гидродинамического, гидрохимического и температурного режима поверхностных и подземных вод, а также изменению экологической и медико-биологической обстановки в городе.

С эксплуатацией подземных вод связаны не только отрицательные последствия. Приуроченность водозаборов к городским территориям способствует снижению темпов подтопления городов путем вертикального дренажа грунтовых вод. Улучшение дренированности и снижение переувлажненности пород оздоравливает медико-биологическую обстановку городских территорий.

Не меньшее значение в изменении гидрогеологических условий городских территорий имеют застройка, покрытие поверхностей асфальтом, подпор набережными и глубокими фундаментами, утечки из коммуникаций, утечки промстоков, создание искусственных водоемов, полив улиц и т.д. В результате этого поднимается уровень грунтовых вод и происходит подтопление городских территорий, ведущее к ухудшению медико-биологической обстановки. В настоящее время подтопление наблюдается в большинстве городов Московской области (Дмитров, Можайск, Солнечногорск, Егорьевск, Троицк, Серпухов, Кашира, Воскресенск, Ногинск).

Эксплуатация подземных вод меняет не только гидрогеологические условия, но влияет и на другие процессы, определяющие облик и состояние геологической среды. Нарушения режима подземных вод непосредственно связаны с опасностью техногенного загрязнения и ухудшения качества питьевых вод. Сработка уровней влечет за собой потерю первоначального напора вод артезианских водоносных горизонтов и возникновение новых условий для перетекания в них поверхностных и грунтовых вод. В результате контакта последних с техногенными стоками изменяется состав подземной гидросферы.

Масштабы загрязнения подземных вод оцениваются по размерам области загрязнения, скорости миграции загрязненных вод в пласте, времени проникновения загрязняющих веществ в водоносный горизонт. Интенсивность загрязнения определяется характером взаимосвязи эксплуатируемого горизонта с поверхностными и инфильтрационными водами, степенью его естественной защищенности, зонально-климатическими особенностями городской территории, мощностью и литологией пород зоны гипергенеза, промышленной спецификой города или городского района, плотностью застройки, степенью

совершенства технологических процессов производства, качеством очистных сооружений и т.п.

Площади загрязнения подземных вод при интенсивном загрязнении и высоких миграционных возможностях составляющих его компонентов, длительности проникновения загрязнения в водоносный горизонт могут превышать площади соответствующих источников загрязнения. Так, площадь теплового загрязнения грунтовых вод в пределах Московской агломерации составляет около 57% от всей изученной площади (900 км²). Изменения геотермических условий наблюдаются до глубины 250—300 м [25].

Влияние загрязнения на водные ресурсы является существенным вследствие количественных и гигиенических аспектов. Некоторые химические вещества даже в ничтожно малых дозах (главным образом производные фенола) придают воде привкус или резкий запах и делают воду непригодной для употребления. Очистка вод, будучи весьма дорогим мероприятием, влечет за собой увеличение себестоимости многих продуктов.

Изменение гидрогеохимических условий в результате загрязнения или подтягивания интенсивным водоотбором некондиционных вод влияет не только на состав подземных вод, но и на фильтрационные свойства водоносных пород и перекрывающих их слабопроницаемых отложений. Установлено, что проницаемость песчано-глинистых водовмещающих отложений и глинистых водоупоров возрастает по отношению к водам повышенной минерализации (хлоридным) и уменьшается по отношению к пресным водам.

Под влиянием городской агломерации Москвы значительно изменилось строение геотемпературного поля и его тепловой режим. Максимальный рост температуры (на 14° и более) отмечен для четвертично-мезозойского водоносного комплекса, а площадь аномалии почти в 1,5 раза превышает территорию Москвы.

Температурная аномалия приводит к изменению содержания газовой составляющей подземных вод, к интенсификации процессов взаимодействия в системе вода—порода, к развитию микрофлоры и микрофауны, к изменению фильтрационных свойств глинистых пород. Возрастание проницаемости глин происходит при повышении температуры от 20 до 80° в 10—10² раз, что объясняется тепловым разрушением связанной воды в глинах и значительным переходом ее в свободное состояние. Повышение температуры подземных вод увеличивает их растворяющую способность, что ведет к активизации карстовых процессов.

Город со своей развитой промышленностью и коммунально-бытовой деятельностью оказывает и геохимическое воздействие на геологическую среду, выражающееся в перераспределении — концентрировании и рассеивании — огромных масс химических элементов в составе как природных соединений, так и соединений техногенного происхождения; в образовании на больших площадях техногенных геохимических полей — взаимоувязанных в пространстве зон повышенных или пониженных по сравнению с кларковыми концентраций химических элементов в компонентах природной среды.

Одним из самых значимых для человечества проявлений этого перераспределения является химическое загрязнение, наиболее существенно влияющее на такие компоненты геологической среды и прилегающих блоков биосферы, как природные водные системы, почвы и почвогрунты, атмосфера.

Природные водные системы, включающие природные воды, взвешенное вещество, донные осадки и биос, в первую очередь реагирующие на воздействие, оказывают существенное влияние на техногенную эволюцию геологической среды, а природные воды, являясь наиболее подвижным ее компонентом, представляют связующее звено между источником загрязнения и аккумуляцией загрязнителей в донных осадках, биосе, почвах и почвогрунтах.

Реки, ручьи и водоемы урбанизированных территорий транспортируют загрязняющие вещества, главным источником которых являются сточные воды. При сбросе сточных вод в природных водных системах формируются зоны загрязнения, которые характеризуются широкими ассоциациями загрязняющих элементов, наиболее представительно выявляющимися в донных отложениях — коллекторе загрязнения.

Зона смешения сточных и природных вод представляет собой геохимический барьер, для которого характерны следующие процессы: 1) разбавление сточных вод; осаждение взвешенных веществ сточных вод; 2) взаимодействие растворенных веществ сточных и природных вод, гидролиз, окисление; 3) сорбционные и десорбционные процессы; 4) коагуляция коллоидных веществ; 5) окисление и деструкция органических веществ; 6) изменение форм нахождения элементов. Эти процессы, а также взаимодействие сточных вод с биосом и донными осадками определяют концентрации элементов-загрязнителей в потоке рассеяния.

Донные отложения образуют устойчивые зоны загрязнения. Они, являясь своеобразной подводной почвой, определяют равновесие вода—порода, регулируя, как и взвешенные вещества, процессы самоочищения и вторичного загрязнения природных вод.

Уровень загрязнения водотоков, дренирующих промышленно-сели-тебные зоны, очень высок. Донные отложения водотоков промышленных зон характеризуются очень высокими концентрациями многих элементов. Отмечается индивидуальный специфичный характер наиболее резко концентрирующихся элементов для разных типов промышленности. Ведущими элементами зон загрязнения донных осадков являются ртуть, серебро, кадмий, свинец. Коэффициенты концентрации этих элементов достигают нескольких сотен и тысяч. Протяженность зон загрязнения в донных осадках в зоне влияния крупного промышленно-урбанизированного центра достигает 20—25 км [32].

Почвы и почвогрунты, а также снеговой покров являются основными природными средами, депонирующими загрязнение. Очаги загрязнения почв и снегового покрова имеют определенную геохимическую зональность: богатый загрязняющими веществами центр вблизи источника загрязнения и четко выраженный градиент концентраций к периферии. Наряду с уменьшением содержаний элементов

в краевых частях аномалии сужается их ассоциация. Максимальный уровень загрязнения наблюдается около предприятий цветной и черной металлургии и приборостроительных предприятий: суммарный показатель загрязнения колеблется от 240 до 450 [41]. Менее интенсивно загрязнение почв в зоне влияния машиностроительных и химических предприятий. Спектр химических элементов—загрязнителей довольно широк. Практически во всех аномалиях наблюдается накопление свинца, меди, цинка, олова, вольфрама, молибдена, хрома и ртути.

Различные источники техногенного воздействия характеризуются разной степенью концентрации элементов—загрязнителей. Специфика отдельных производств проявляется в наличии характерных элементов в почвах и снеговом покрове. Так, вблизи заводов цветных металлов обнаруживаются кадмий и сурьма, у приборостроительных и химических предприятий — серебро, около заводов стройматериалов — стронций. Размеры аномалий соответствуют интенсивности воздействия источника и варьируют в широких пределах. Как правило, площади центров полиэлементных аномалий в 1,7—2 раза больше промышленных зон; в целом площади аномалий на урбанизированных территориях с высокой концентрацией производства могут достигать сотен и тысяч километров [46].

Глубина проникновения химических загрязнителей различна: для ненарушенных почв — 10 см, для городских нарушенных почв — 20 см, для насыпи грунтов — до 150 см и более.

Геохимическое изучение атмосферного воздуха свидетельствует об изменчивости состава воздушного бассейна. К промышленным предприятиям приурочены техногенные геохимические аномалии, которые особенно четко фиксируются по атмосферным выпадениям и размеры которых существенно определяются метеорологической ситуацией. Атмосферные геохимические аномалии также характеризуются полиэлементностью состава, с одной стороны, и наличием загрязнителей-индикаторов, с другой. Значительную часть атмосферных загрязнителей в городах формируют выбросы электростанций, предприятий строительной индустрии (около 70%) и промышленных объектов (25%). В атмосферных выпадениях концентрируются в основном пыль, тяжелые металлы, а также углекислый газ, окислы серы, азота, углеводороды. Следует отметить существенную роль кислых дождей в общем объеме атмосферных выпадений, рН дождей понизился до 4,0—4,6, в то время как в допромышленную эпоху эта величина равнялась 4,6—5,6.

Таким образом, город имеет специфическую мозаичную геохимическую структуру, которая фиксируется полиэлементными геохимическими полями, центры которых приурочены к источникам загрязнения. По времени действия источника в городах выделяют четыре типа территорий: устойчивого, реликтового, современного загрязнения и территории, где загрязнение отсутствует [47]. Устойчивое загрязнение устанавливается по совпадению очагов загрязнения во всех компонентах природной системы и соответствует наличию техногенного геохимического поля. Реликтовое загрязнение фиксируется

наличием техногенной геохимической аномалии в одном из компонентов геологической среды (например, в почвах) и не подтверждается аномальными концентрациями в атмосфере. Территории, где обнаруживаются техногенные геохимические аномалии только в атмосфере, относятся к категории нового современного загрязнения.

Особенности загрязнения городов и прилегающих территорий зависят от промышленной нагрузки, структуры застройки, а также от ландшафтно-геохимической обстановки, включающей условия рельефа, геологическое строение, наличие водоупорного горизонта, строение зоны аэрации, почвенно-растительный покров и другие факторы. Так, анализ отраслевой структуры и данных по загрязнению природной среды городов Московской области свидетельствует о том, что совокупность этих факторов диктует распределение миграционных потоков техногенных загрязнителей. Например, для техногенных геохимических полей, приуроченных к городам Подольску и Коломне — городами с примерно одинаковой отраслевой структурой (преобладает машиностроение), но с разной промышленной нагрузкой (по выпуску валовой продукции Подольск существенно опережает Коломну), — уровень загрязнения атмосферы и природных (поверхностных) вод прямо пропорционален промышленной нагрузке и является более высоким в Подольске. Для почв и донных осадков уровень загрязнения выше в техногенном геохимическом поле, окружающем Коломну, расположенную в пределах Мещерской низменности, где заболоченные понижения составляют основную часть территорий, в которых происходит аккумуляция загрязнения, в то время как в Подольске, находящемся на Московско-Окской моренно-эрозионной равнине, преобладает снос загрязнителей в речные воды и степень загрязнения почв и донных осадков ниже, чем в Коломне.

Значительное влияние на состояние геологической среды оказывают обитающие в грунтах и подземных водах микроорганизмы. Основным условием жизнедеятельности микроорганизмов является наличие в окружающей среде источников углерода, а также доноров и акцепторов электронов для проведения окислительно-восстановительных реакций, которые служат источником энергии. Среди микроорганизмов по типу питания выделяют органогетеротрофы, литоавтотрофы, органоавтотрофы. В результате техногенного воздействия в почвы, грунты и подземные воды в избытке поступают органические соединения [60]. Следовательно основные микробные процессы в геологической среде города будут определяться гетеротрофной микрофлорой, развивающейся на органике.

Сложные органические вещества разлагаются микробами-гидролитами в аэробных и анаэробных условиях на простые органические и неорганические соединения, которые в свою очередь используются другими физиологическими группами микроорганизмов. Аэробные микроорганизмы, используя в качестве акцептора электронов кислород, образуют различные окислы. Анаэробы осуществляют гидролиз и брожение с образованием летучих жирных кислот, спиртов, водорода. Эти вещества используются другими анаэробами, которые восстанавливают неорганические акцепторы электронов (нитраты,

сульфаты, углекислоту, окисленное железо и др.). При этом в соответствии с термодинамикой процессов преимущество получают популяции, специализирующиеся на реакции с более высоким энергетическим выходом.

При наличии нитратов преимущество получают денитрификаторы. Деятельность этой группы, как и любой другой, оценивается неоднозначно в зависимости от конкретных целей и условий. С одной стороны, процесс денитрификации может эффективно препятствовать поступлению нитратов в подземные воды. С другой стороны, одним из продуктов денитрификации является такое неблагоприятное соединение, как закись азота, образующаяся при рН 5—7 и при недостатке кислорода. Если в среде отсутствуют или исчерпаны нитраты, но имеются сульфаты — активно развиваются сульфатовосстанавливающие популяции. И в этом случае обеспечивается минерализация исходного загрязнения. Однако накапливается такое токсичное соединение, как сероводород

Наконец, накопление метана с использованием углекислоты метанообразующими бактериями идет после исчерпания других акцепторов электронов. Образующиеся газы могут поступать в аэробную зону. Водород используется водородными бактериями в реакции гремучего газа; нитрификаторы окисляют аммиак до азотной кислоты; сероводород окисляется тионовыми бактериями до серы и сульфатов; метан утилизируется метилотрофами с образованием углекислого газа и воды. На границе окислительной и восстановительной зон в микроаэрофильных условиях развиваются микроорганизмы, главная функция которых — создание геохимического барьера и бактериального фильтра для перехвата из аэробной зоны кислорода, губительного для анаэробов, и восстановленных продуктов из анаэробной зоны.

При наличии в грунтовых водах избыточной концентрации восстановленного железа и марганца в микроаэрофильной зоне будут развиваться железобактерии, а в аэробной — марганцеокисляющие бактерии, так как марганец отличается большей геохимической подвижностью и большей устойчивостью к окислению кислородом воздуха. В случае поступления избыточных количеств различных загрязнителей, а также изменения физико-химических условий окружающей среды равновесие в микробной системе будет нарушаться с преимущественным развитием тех или иных групп микроорганизмов. При этом разложение поступающего извне загрязнителя может обеспечиваться как в аэробном, так и в анаэробном блоке микробной системы, т.е. система в целом и отдельные популяции способны выполнять функцию барьера, препятствующего распространению загрязняющих веществ в окружающей среде.

В результате развития микроорганизмов в условиях интенсивного загрязнения геологической среды возникают неблагоприятные моменты. Ярким примером негативного антропогенного воздействия служат свалки [55, 58, 61]. При аэробном разложении внутри свалок накапливаются растворенные органические кислоты и окислы. Прочисывающиеся через свалки поверхностные воды приобретают агрес-

сивность из-за подкисления этими соединениями и могут растворять карбонатные породы, вызывать коррозию подземных сооружений. В случае плохой аэрации идет активное выделение таких газов, как аммиак, сероводород, метан. Высокие концентрации аммиака способствуют бурному развитию нитрификаторов, для которых реакция окисления аммиака в азотную кислоту является единственным источником энергии. Эта группа микроорганизмов способна интенсивно разрушать стены и фундаменты зданий вблизи свалок. Повышенное выделение сероводорода губительно сказывается на живых организмах, усиливает коррозию металлов. Подщелачивание среды за счет удаления сульфат-иона сульфатредуцирующими бактериями может привести к осаждению кальция и магния в воде карбонатов и изменению состава грунтовых вод. Для снижения выделения сероводорода в среду обычно добавляют нитраты. При этом как уже отмечалось выше, реакция идет по более выгодному пути (денитрификация) и выделение сероводорода снижается.

Если внутри свалки накапливается в избытке метан, то, распространяясь в прилегающих почвах, грунтах и водах, этот газ угнетает растительность за счет массового развития метилотрофов, резко снижающих концентрацию кислорода в среде, который идет на окисление метана. В близлежащих грунтах продукты жизнедеятельности активизировавшихся микроорганизмов — слизи, газы, поверхностно-активные вещества — способны изменять свойства грунтов, вызывая, например, такое явление, как плывуны.

В крупных промышленных городах, кроме органики, самым мощным загрязнителем являются соединения серы, которые входят в состав выбросов почти всех предприятий. Попадая в почвы, грунты, воду, атмосферу эти соединения вовлекаются в цикл превращений в аэробном и анаэробном блоках микробной системы. В анаэробной зоне образующийся сероводород вызывает коррозию металлов, образуя сульфиды. В аэробной зоне развиваются тионовые бактерии, вызывающие сернокислотное выветривание горных пород, кислотную коррозию металлических сооружений и строительных материалов, растворение карбонатных пород. Серная кислота способствует замещению карбонатных пород на гипс, имеющий больший объем, что может привести к растрескиванию мраморных плит. В условиях угольного голода особенно остро стоит проблема с купоросными водами, которые образуются из серы в углях тионовыми бактериями [21]. Образующаяся серная кислота выщелачивает из окружающих пород металлы, в первую очередь железо, создает агрессивную среду. Меры борьбы с этими водами состоят в формировании геохимического барьера за счет деятельности сульфатредуцирующих бактерий. Они восстанавливают сульфаты в сульфиды, которые снова связывают окислы металлов в осадок, но могут служить источником сероводорода. Активному развитию сульфатредуцирующих бактерий способствуют поступающие со сточными водами органические соединения.

На территории Москвы при проведении микробиологического обследования отдельных корродированных участков трубопроводов

теплосети и прилегающих к ним прогреваемых грунтов были выделены бактерии цикла серы, преимущественно термофилы [18]. Среди выделенных бактерий обнаружены организмы, которые ранее выделялись только из морской подводной сольфатары с высокой температурой и повышенным давлением. Как видим, такие экстремальные условия для развития необычных форм создаются в условиях города при антропогенном воздействии.

Характерное для города мощное физическое воздействие (создание тепловых, электрических, электромагнитных полей и т.д.) также способно оказать влияние на деятельность микроорганизмов в геологической среде. В первую очередь следует обратить внимание на повышение температур в грунтах. В черте города по температурному режиму в грунтах могут развиваться микроорганизмы с самыми разными требованиями к температуре — от психрофилов до термофилов, включая зону роста патогенных микроорганизмов (37°). Есть сведения о подавлении и повышении активности микроорганизмов под действием постоянного электрического тока. В экологическом плане наибольший интерес представляют такие лабораторные эффекты, как ориентация клеток вдоль или поперек силовых линий электрического поля и направленное перемещение клеток в поле, что ведет к неоднородному пространственному распределению микроорганизмов [50]. Микроорганизмы в городах разрушают битумные покрытия в резервуарах с питьевой водой, асфальтобетонные покрытия, памятники искусства, закупоривают водопроводные трубы [23].

Рассмотренные примеры неблагоприятных последствий заставляют ставить вопрос о прогнозе деятельности микроорганизмов в геологической среде. На первом этапе, сопоставляя условия жизнедеятельности микробов с физико-химической обстановкой среды обитания, можно составить карту-схему для территории города с выделением зон возможных микробных процессов. Для крупных городских агломераций с населением более 1 млн человек можно выделить следующие зоны возможных микробных процессов (рис. 2).

Зона 1 характерна для промышленных районов и примыкающих к ним селитебных районов с интенсивным загрязнением органическими веществами и соединениями серы. Зона кислых и слабокислых грунтовых вод, с высоким содержанием сульфат-иона, катионов металла, растворенных органических веществ; интенсивной кислотной коррозии и выветривания. В анаэробной зоне возможна сероводородная коррозия металлов с осаждением сульфидов.

Зона 2 характерна для селитебных районов, удаленных от промышленной зоны. Реакция среды слабокислая, нейтральная и слабощелочная. Опасность коррозионных процессов возрастает в зонах утечки из канализации, в прогреваемых грунтах около теплопроводов.

Зона 3 характерна для районов пищевой промышленности (главным образом мясомолочной) и бывших сельскохозяйственных угодий. Грунтовые воды загрязнены нитратами, реакция среды нейтральная, слабощелочная, щелочная. В анаэробных условиях возможны процессы аммонификации и денитрификации с выделением аммиака и окислов азота. В аэробных условиях возможна кислотная

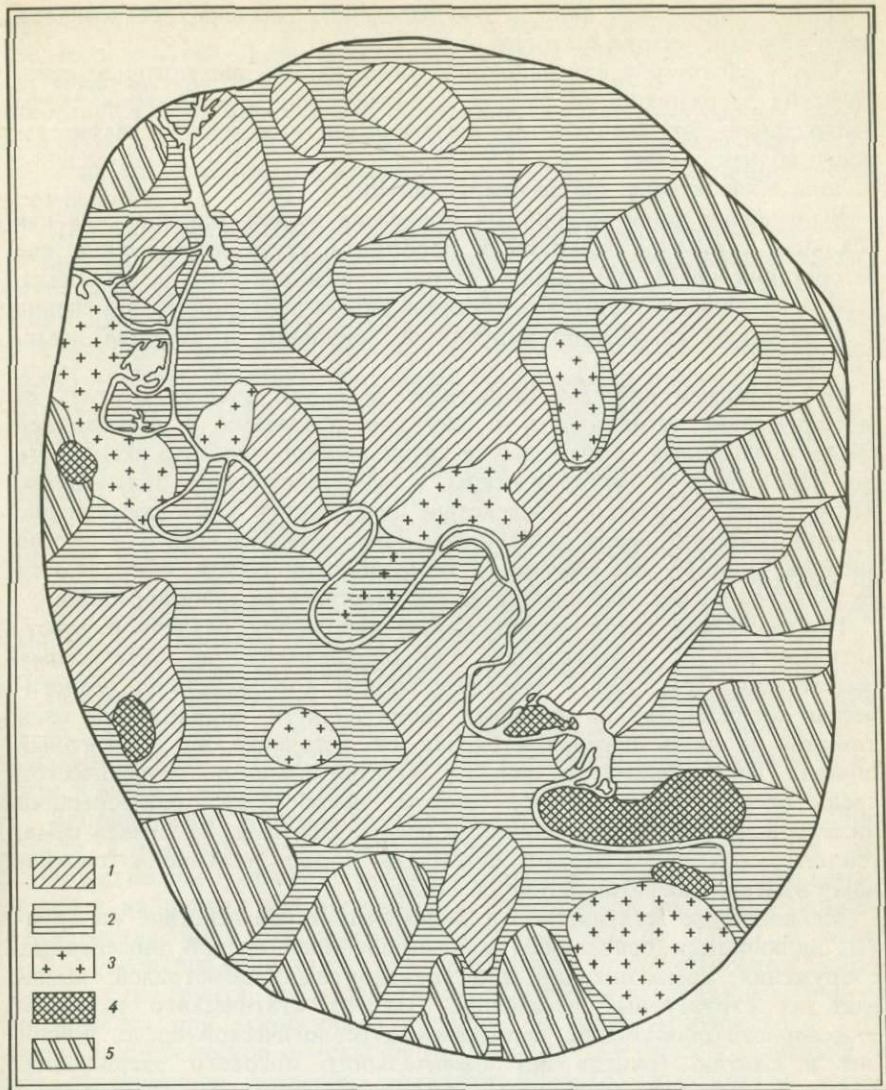


Рис. 2. Схема возможных микробных процессов в геологической среде крупной городской агломерации с развитой промышленностью и населением более 1 млн человек

Зоны: 1 — развития гетеротрофной микрофлоры с усилением микробных процессов превращения серы и металлов; 2 — развития гетеротрофов с локальным преобладанием процессов превращения соединений серы, азота, образования и окисления метана; 3 — развития гетеротрофов с преобладанием микробных процессов превращения соединений азота; 4 — развития метанообразующих и метанооксилирующих бактерий; 5 — сбалансированного развития микробной системы

коррозия сооружений вблизи зон выделения аммиака, обеспечивающего развитие нитрификаторов.

Зона 4 характерна для районов с интенсивным поступлением органических загрязнений из свалок и полей орошения. Реакция среды нейтральная. Возможны процессы коррозии и угнетения растительности вблизи свалок.

Зона 5 характерна для лесопарковой зоны.

Выделенные зоны микробных процессов весьма условны, так как реальная структура микробных сообществ также гетерогенна, как гетерогенна среда обитания. Гетерогенность системы не статична. При некоторых внешних воздействиях могут происходить изменения с выделением какой-либо микробной популяции в качестве доминантной.

Показателями качества геологической среды следует считать ее механическую устойчивость в качестве основания и вмещающей среды инженерных сооружений, а также ее коррозионную активность по отношению к металлическим и железобетонным заложениям. Техногенное физическое воздействие реализуется через поступление в геологическую среду дополнительного значительного количества энергии, поэтому все изменения геологической среды определяются ее реакцией на поступление указанной энергии и ее трансформации.

Геологическая среда может характеризоваться различной чувствительностью к воздействию, что определяется ее физическими свойствами. При слабой чувствительности к воздействию геологическая среда может не изменять своих свойств, сохраняя все свои качества и лишь передавая сигнал от источника на инженерный объект. При средней и сильной чувствительности геологической среды энергия поступающего сигнала способствует трансформации инженерно-геологического качества среды. Поэтому, изменяясь сама, геологическая среда может оказывать дополнительное к первичному изменяющее воздействие на объект.

Механическое (статическое и динамическое) воздействие на грунты, являющиеся основанием или вмещающей средой инженерных сооружений, коммуникаций или транспортных магистралей, вызывает их структурные изменения. Энергия статического давления инженерного сооружения, передаваемая геологической среде, приводит к сжатию грунтов без значительного бокового расширения. При этом наблюдается абсолютная или относительная осадка грунта. При абсолютной осадке происходит равномерное уплотнение грунтов без возникновения напряжений в конструкциях. При относительной осадке в результате неравномерности уплотнения могут возникать дополнительные напряжения в конструкциях, которые до определенного предела носят безопасный характер, но при усилении могут сопровождаться возникновением трещин и разрывов, а также разрушением конструкций или отдельных ее элементов. При значительных относительных осадках происходит нарушение внутреннего технологического режима.

При длительном воздействии динамического поля может иметь место нарушение твердого покрытия скоростных магистралей, де-

формация и разрушение фундаментов зданий вблизи магистралей и рельсовых путей. Подрезка склонов, выемка и перемещение большого количества грунтовой массы при строительстве и планировке способствуют изменению состояния равновесия массивов горных пород. Наличие сосредоточенного вибрационного поля может усугублять негативный элемент этих изменений, провоцируя обвально-оползневые проявления.

При действии вибрации в грунте происходит уменьшение сил трения и сцепления, удерживающих его частицы в первоначальном состоянии равновесия. В зависимости от типа грунтов может наблюдаться снижение сопротивления сдвигу, а в отдельных случаях разрушение структурных связей. В результате этого снижается сопротивление всего массива внешним нагрузкам, ухудшаются прочностные и деформационные характеристики грунтов в основании зданий и сооружений. Действие вибрации приводит к уменьшению сопротивления грунтов сдвигу. При слабой вибрации деформации сдвига накапливаются постепенно и могут достичь ощутимых величин. Именно этим можно объяснить появление дополнительных динамических осадок зданий, вызванных сотрясениями от движущегося транспорта и другими слабыми вибрациями, так как эти осадки связаны не с уплотнением всей толщи грунта основания, а с образованием в ней малых пластических сдвигов. При интенсивных вибрациях (от 0,6 до 5,0 G) происходит разрушение структуры грунта и наблюдаются взаимные перемещения его частиц. Грунт может приобретать свойства вязкой среды, в которой сопротивление сдвигу определяется силами вязкого трения. Подобные явления возможны главным образом в водонасыщенных грунтах [24,30].

Вибрационное уплотнение происходит за счет уменьшения пористости в рыхлых и песчаных грунтах средней плотности. В статически не нагруженных грунтах уплотнение начинается при самых слабых вибрациях и завершается по достижении состояния полного уплотнения при ускорениях вибрации от 0,2 до 2,0 G и более (G — ускорение силы тяжести) в зависимости от коэффициента виброуплотнения грунта. Виброуплотнение статически нагруженных грунтов начинается при ускорениях вибрации, больших критического. Эта величина для песков изменяется от 0,2 до 2,0 G и более в зависимости от статического давления, влажности, формы и размеров зерен, наличия примесей и других характеристик грунта [39].

Тепловое загрязнение как следствие теплового воздействия проявляется в возникновении так называемого теплового купола под городом, на общем фоне которого формируются отдельные участки аномального прогрева грунта и грунтовых вод. Его созданию способствует сплошная застройка территории, покрытие асфальтом или бетоном открытой поверхности. Под воздействием избыточного тепла происходит локальное просушивание грунтовой массы, приводящее к изменению ее механических свойств. Нагревание грунтовых вод способствует изменению их химизма, а следовательно, и агрессивности по отношению к бетону и металлическим конструкциям подземных заложений. Температура геологической среды, наряду

с влажностью, определяет скорость химической, электрохимической и биологической коррозии. Поэтому на участках аномального прогрева грунта возможно усугубление опасности коррозионного разрушения кабелей, трубопроводов и других подземных заложений. Воздействие температурного поля особенно существенно в районах распространения многолетнемерзлых пород.

Как правило, при тепловом воздействии речь может идти либо о возможных технологических нарушениях в связи с разогревом грунтов и находящейся в них воды, либо об изменении коррозионной активности грунтовой массы в целом, и только в экстремальных случаях тепловое воздействие может влиять на устойчивость грунтового массива.

Изменения геологической среды в результате электрического или электромагнитного воздействия блуждающими токами, продуцируемыми промышленными и энергетическими установками, электрифицированным железнодорожным транспортом и станциями катодной противокоррозионной защиты, сводятся к изменению общей коррозионной обстановки за счет активизации процесса электрохимической коррозии.

Поскольку процесс электрохимической коррозии носит электрокинетический характер, он определяется плотностью или силой тока, протекающего между анодными и катодными зонами, образующимися на объекте, подверженном коррозии. Увеличение плотности тока утечки, т.е. увеличение уровня электрического воздействия, сразу же повышает коррозионную активность вмещающих пород по отношению к находящимся в них элементам конструкций. Помимо этого, длительное воздействие поля блуждающих токов, стимулируя электрокинетические процессы, может изменять величину удельного электрического сопротивления пород грунтовой толщи и тем самым изменять общую коррозионную обстановку. По этой причине, сохраняя качество механической устойчивости, геологическая среда изменяет свое качество агента коррозионного процесса.

11. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

При составлении ТКС охраны природы одно из центральных мест занимает оценка изменения геологической среды. На основании этого: 1) устанавливается перечень "горячих точек", при взаимодействии которых с техногенными объектами могут произойти негативные последствия на изучаемой территории; 2) осуществляется прогноз техногенных изменений геологической среды; 3) предлагаются различные рекомендации по оптимизации взаимодействий и минимизации ущербов.

При составлении ТКС охраны окружающей природной среды необходимо оценивать состояние геологической среды, сформировавшееся к настоящему моменту в результате своего индивидуального развития на фоне прошлого и современного инженерно-хозяйствен-

ного освоения территорий, а также учитывать последующую деятельность человека, исходя из текущего состояния геологической среды и возможного ее изменения в будущем.

При рассмотрении системы, помимо ее внутреннего аспекта, отражающего ее структуру и свойства, необходим учет внешних условий. Последние по отношению к рассматриваемой системе дифференцируются на фон и воздействия. Анализ состояния системы без учета внешних воздействий возможен лишь на короткий промежуток времени, когда не происходит изменения как самой системы в целом, так и внешних условий. При этом показатели, описывающие внешнюю среду, из переменных становятся константами по отношению к изучаемой системе. Несомненно, что в зависимости от целей, преследуемых оценкой, набор показателей, описывающих, с одной стороны, состояние системы, а с другой стороны, внешние условия, будет различен.

Каждая система может характеризоваться допустимыми и критическими пределами изменения ее состояния. Допустимая мера отклонения от нормального состояния — отклонение, которое может быть ликвидировано самой системой со временем. Достижение критических значений ведет к ее разрушению. Величина критического состояния не является постоянной и зависит как от внутреннего состояния системы, так и от интенсивности внешних воздействий. При этом уместно говорить о пороговости воздействия, когда до достижения определенной величины воздействие не будет оказывать никакого заметного влияния на систему, т.е. система будет устойчива к воздействию.

Характер любой оценки определяется природой оцениваемого объекта и ценностной ориентацией исследователя. Вследствие последнего обстоятельства вид оценки и показатели, с помощью которых она осуществляется, для одного и того же объекта в зависимости от целей могут быть самыми разными. Обычно осуществляется дифференциальная или (и) интегральная оценка.

Дифференциальные оценки состояния геологической среды характеризуют либо отдельные ее элементы (рельеф, гидросферу), либо состояние геологической среды, определяемое различными техногенными воздействиями (например, вибрационными, электрическими и т.д.). Интегральная оценка, с одной стороны, может представлять собой синтез всех дифференциальных оценок, а, с другой стороны, может быть получена по одному показателю, характеризующему состояние системы в целом.

В отдельных случаях оценка состояния системы на фиксированный момент времени может ничего не дать, поэтому имеет смысл осуществлять оценку с учетом воздействий в течение некоторого интервала времени. В зависимости от выбранного объекта или совокупности объектов и целей оценки эти интервалы могут быть самыми разными. В связи с этим различаются кратковременные, средневременные и длительновременные состояния. Для кратковременного состояния геологической среды наиболее реальным интервалом является один месяц, в течение которого проявления различных воз-

действий не вызывают заметных изменений. Интервал для средневременных состояний составляет от 1 мес. до 3—5 лет. За этот срок могут произойти достаточно заметные, а иногда и существенные изменения геологической среды. Для длительновременных состояний этот срок составляет свыше 3—5 лет. Поскольку срок действия ТКС охраны природы составляет 15—20 лет, наиболее правильным для наших целей следует признать изучение средне- и длительновременных состояний совместно с решением прогнозных задач.

Интегральная оценка состояния может быть также получена на основании характеристик какого-то одного фактора, наиболее предельно отражающего интересующую нас сторону состояния геологической среды. Причем отражение это может осуществляться прямым или косвенным путем. Здесь могут быть применены разные подходы с использованием одного или нескольких показателей.

Инженерно-геологические особенности территорий наиболее полно отражают состояние геологической среды, поскольку включают ее основные природные компоненты — геолого-структурный, геоморфологический, гидрогеологический и геодинамический. Разные состояния и сочетания перечисленных факторов определяют все разнообразие инженерно-геологических условий. Оценка их опирается на качественную и количественную информацию и может быть выражена разными способами. Наиболее распространенной формой представления результатов оценки территорий являются карты инженерно-геологических условий и районирования. Первые — позволяют выявить пространственные закономерности изменения условий или отдельных компонентов геологической среды и установить взаимосвязи между ними. Карты инженерно-геологического районирования отражают оценку сложности или сравнительную оценку инженерно-геологических условий выделяемых территориальных единиц.

Качественная оценка инженерно-геологических условий территорий чаще всего осуществляется с помощью балльного подхода, позволяющего классифицировать объекты по одному или нескольким качественным признакам. Примерами такой оценки являются карты районирования территорий по степени сложности (пригодности, благоприятности и т.д.) инженерно-геологических условий, выполненные для городов Баку, Мурманска, Ленинграда, Москвы и др. [3, 13, 15, 52].

Количественная оценка инженерно-геологических условий и отдельных природных компонентов выражается либо в баллах, либо в виде конкретных значений показателей (прямых или косвенных). Количественная оценка с применением балльной системы обычно осуществляется в определенной последовательности — от дифференциальных и интегральных оценок каждого учитываемого фактора к интегральной оценке всего комплекса условий. Именно по такой схеме было выполнено районирование Воркуты по степени антропогенного изменения геологической среды [1], которое оценивалось путем сопоставления ретроспективных данных с состоянием геологической среды на определенный момент времени.

Анализируя балльный подход к оценке состояния геологической среды в целом, следует сказать, что основными его недостатками

являются: определенный субъективизм в ранжировании значений показателей, установлении балльных оценок и категорий сложности; потеря части информации при замене значений показателя на балл, отвечающий определенному интервалу в последовательном ряду этих значений; нарушение реального соотношения благоприятных и неблагоприятных факторов, в результате чего территории, характеризующиеся различными условиями, могут быть оценены одинаковым количеством баллов.

К настоящему времени получили достаточно широкое распространение способы оценки состояния геологической среды, основанные на использовании аппарата различных математических методов. Заслуживает серьезного внимания идея распространения понятия "поле" на показатели состава, состояния и свойств пород, предложенная Г.К. Бондариком [7]. Это дает возможность изучения главного компонента геологической среды — горных пород — путем составления математических моделей показателей свойств пород [8]. Этот подход получил развитие в работе по оценке сложности инженерно-геологических условий одного из районов севера Западной Сибири [9]. Авторы выразили свойства геологической среды в количественной форме и построили карты полей каждого из используемых показателей. При этом авторы воспользовались известным приемом присвоения различных весов серии показателей, входящих в интегральную оценку:

$$I_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n g_i R_i^n$$

g_i — вес i -го компонента, R_i^n — нормированная оценка i -го показателя, равная R_i/R_{\max} , n — число рассматриваемых компонентов.

Геоморфологическая оценка изменений геологической среды включает решение следующих задач.

1. Выявление территорий неблагоприятных для строительства. В этом случае исследования рельефа городской территории проводятся с учетом застройки, транспортных сообщений, организации стока ливневых вод и канализирования. Для жилищного строительства важна также экологическая оценка рельефа: замкнутые котловины с длительным застоём воздуха, сильно затененные участки склонов неблагоприятны для здоровья человека, так как характеризуются плохой проветриваемостью и недостаточной инсоляцией.

2. Приспособление и изменение естественного рельефа городской территории к инженерно-транспортным нуждам и застройке (вертикальная планировка территории города), что позволяет решить более экономично и технически обоснованно все инженерно-транспортные задачи (в частности, постройку мостов, набережных, подземных инженерно-санитарных сетей и т.д.

Обе задачи ограничиваются оценкой размерностей рельефа и соотношения параметров проектируемых инженерных сооружений с линейными и площадными характеристиками рельефа. Комплексом морфометрических показателей можно отразить все разнообразие форм рельефа и их соотношения, взаимосвязь инженерных сооружений и рельефа, изменение соотношений во времени и в пространстве.



Рис. 3. Схема бассейнов рек Москвы

Границы бассейнов различного порядка: I — первого—второго, II — третьего, III — четвертого. Количество засыпанных водотоков, %: IV — менее 1, V — до 10, VI — до 50, VII — более 50, VIII — 100; IX — площади техногенных отложений мощностью более 3 м; X — номера бассейнов рек (см. табл. 4): 1 — верховья Яузы, 2 — Яузы, 3 — Ички, 4 — Чернянки, 5 — Лихоборки, 6 — Серебрянки, 7 — верховья Сетуни, 8 — Сетуни, 9 — Раменки, 10 — верховья Городни, 11 — Городни, 12 — Чертановки, 13 — Ходынки, 14 — Пресни, 15 — Неглинной, 16 — Грайворонки, 17 — Кровянки, 18 — Котловки, 19 — Фильки

Для оценки урбанизированной территории и прогноза последующих явлений особенно важен расчет показателей за разные интервалы лет.

Современная оценка рельефа города невозможна без применения математического аппарата. Урбанизация столь сильно изменяет естественный ход развития рельефа, что при моделировании его необходимо использовать не одну, а несколько моделей.

Пример геоморфологической оценки изменения геологической среды представляет "Геоморфологическая карта с элементами древней гидросети", в основу составления которой положен историко-генетический и палеогеографический анализ территории города Москвы. Карта дает представление об унаследованности развития рельефа, его техногенных изменениях, анализ которых в пределах долины реки Москвы выявил наиболее уязвимые зоны, где даже незначительное техногенное воздействие вызывает активизацию оползневых процессов, карста, проседания земной поверхности. Морфометрический анализ территории, проведенный методом поквadratной оценки, позволил провести по комплексу морфометрических показателей типизацию территории по степени благоприятности для строительства и оценку изменений рельефа.

Наибольший интерес представляет синтетическая морфологическая карта элементарных водосборов. Водосборный бассейн представляет собой удобную топографическую единицу, которая может быть подразделена на основе характеристик потока. Это позволяет установить групповую иерархию как склонов, так и бассейнов. Кроме того, бассейн является функционирующей открытой системой в смысле поступления осадков, энергии, потери воды и материала, т.е. морфосистемой, по определению О.А. Борсука и Ю.Г. Симонова [10]. Установленные корреляции морфологических и гидрологических характеристик для природных водосборных бассейнов на территории города нарушены, а в отдельных случаях утрачены. В пределах устьевых участков таких бассейнов техногенная система обладает большим потенциалом к перестройке. На схеме (рис. 3) показаны три принципиально отличные по степени техногенного преобразования группы бассейнов Москвы: первая — с частично измененной структурой речной сети и собственным русловым стоком; вторая группа бассейнов, которые могут быть классифицированы как отмирающие; третья группа бассейнов практически полностью переродившихся или техногенных, с утраченным русловым стоком и предельно измененной структурой бассейна (табл. 4).

Бассейны, объединенные в одну группу, характеризуются различными инженерно-геологическими условиями и отличаются набором инженерно-геологических процессов. Однако в техногенных бассейнах третьей группы отмечается наибольшая активность нежелательных явлений, к которым можно отнести и ухудшение экологических условий окружающей среды [51], так как талые и дождевые воды, стекающие по поверхности техногенных бассейнов, могут быть более загрязнены, чем промышленные сточные воды.

На основании морфолитологической карты дается характеристика условий развития экзогенных процессов, позволяющая определить

Таблица 4

Инженерно-геоморфологическая оценка техногенных изменений структуры бассейнов г. Москвы

Номер бассейна	Густота начертания		Плотность застройки, %	Мощность техногенных отложений, м	Уничтоженная гидросеть, %	Коэффициент поверхностного стока ¹
	начало XX в.	1980 г.				
1, 3, 4, 7, 12, 8	—	0,3—0,6	≤ 30	< 3	< 5	0,3—0,4
2, 5, 9, 10, 11, 16, 18	0,30—0,88	0,15—0,40	30—50	3—6	10—48	0,4—0,5
6, 13, 14, 15, 17, 19	0,40—1,20	0—0,10	> 50	> 3—6	68—100	0,4—0,75

¹ Рассчитан по данным Г.М. Черногаевой [51]

потенциальные возможности развития инженерно-геологических процессов и сохранения динамического равновесия при инженерном вмешательстве. Набор морфолитологических характеристик должен определять динамический (или энергетический) потенциал территории.

Обработка информации морфолитологической карты, составленной на территорию Москвы, была проведена на ЭВМ методом Вроцлавской таксономии [20]. Этот метод дает возможность провести типизацию территории на различных уровнях однородности показателей: на макроуровне выявляется определенная теснота связи для всей территории; на мезоуровне выделяются группы районов, характеризующиеся большей теснотой связи; на микроуровне выделяется однотипная по совокупности исследованных характеристик территория, которую можно назвать динамически однородной, с наибольшей теснотой связи между ее элементами. Теснота связи измененных ландшафтов с природными по мере увеличения техногенной нагрузки уменьшается. Предельно измененные техногенезом территории потеряли связь с сопряженными ландшафтами (рис. 4).

Для схем охраны геологической среды наиболее перспективны синтетические карты: бассейнов и морфолитологическая. Морфолитологический и морфодинамический подходы не только позволяют установить связи между элементами геологической среды, но и выявить пути наиболее рационального воздействия на эти элементы, предусмотреть меры предупреждения развития разрушительных инженерно-геологических процессов; определить те условия, при которых геологическая среда, как система, испытывающая внешнее техногенное воздействие, будет продолжать выполнять социально-экономические функции в заданных пределах, т.е. сохранит устойчивое состояние.

1. Для изучения региональных многофакторных гидрогеохимических полей предлагается обобщение результатов гидрогеохимического изучения территории городской агломерации с помощью картографической модели наложенных водоносных горизонтов, являющихся основными

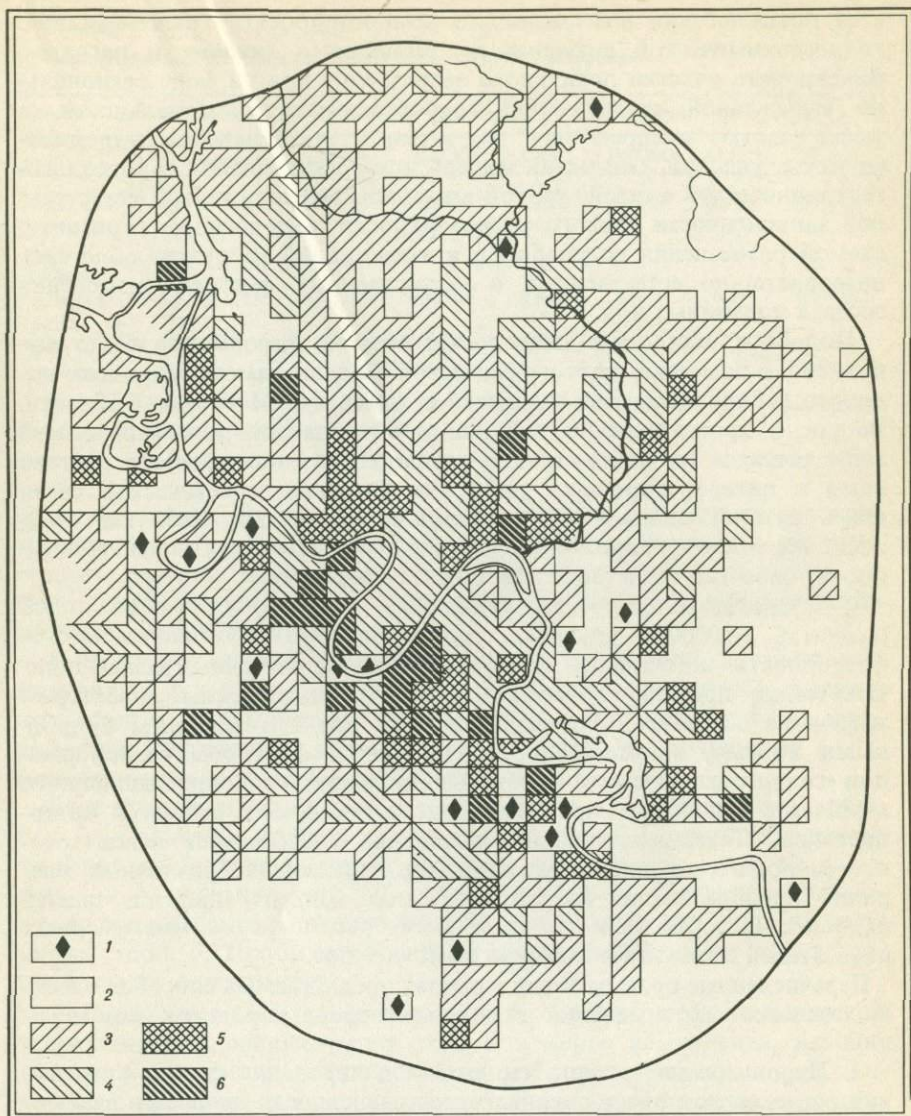


Рис. 4. Типизация территории города путем Вроцлавской таксономии

1 — уникальные природные объекты; 2 — районы с неизменными ландшафтными характеристиками; 3 — районы с незначительными изменениями ландшафта; 4 — хорошо спланированные техногенные объекты; 5 — сильно измененные техногенезом районы; 6 — предельно измененные техногенезом территории

эксплуатируемыми горизонтами и требующими контроля и охраны от истощения и загрязнения (рекомендуемый масштаб 1:500000 — 1:200000).

От принятых форм послойного плоскостного отображения данных по химическому составу подземных вод предлагаемая модель отлича-

ется объемностью, возможностью демонстрировать трансформацию гидрогеохимической ситуации по площади и глубине и наглядно фиксировать участки локального загрязнения вод на фоне регионально выраженной вертикальной гидрогеохимической зональности, а также участки "распреснения" вод в результате изменения гидродинамических условий. Объемная модель при сопоставлении ее с геологическо-тектонической картой, картой минеральных вод, картой естественной защищенности первого от поверхности водоносного горизонта, схемой размещения водозаборов и техногенной нагрузки облегчает интерпретацию естественных и искусственных факторов изменения состава подземных вод.

Подобное обобщение гидрогеохимической информации было выполнено с помощью картографической модели каменноугольных водоносных горизонтов для городской агломерации Московской области. Вопрос о происхождении той или иной аномалии или аномальной зоны решался по совокупности компонентов минерального состава воды и интерпретировался либо как результат генетической связи его с литологическими и структурными условиями, либо как следствие нарушения гидродинамического режима эксплуатацией водозаборов, либо как следствие техногенного загрязнения.

2. Спецификой изучения локальных гидрогеохимических полей (масштаб 1:50000 и крупнее) территории городов является многофакторность источников, формирующих гидрогеохимическое поле. Отсутствие прямой корреляции между геохимическим характером источника загрязнения и находящимися под его влиянием природными водами, множественность причин и факторов трансформации гидрогеохимических условий в ситуации градопромышленного комплекса выдвигают проблему поиска новых возможностей интерпретации. Совершенствованию последних способствует использование широкого комплекса компонентов, применение различных операций преобразования интерпретируемых концентраций для поиска наиболее информативных показателей, рассмотрение многомерных показателей поля, использования компьютеров.

Перечисленные приемы легли в основу предлагаемых способов оценки техногенных изменений в гидrolитосфере городских агломераций.

1. Использование компьютерного моделирования физико-химических расчетов позволяет оценивать: направленность процессов взаимодействия воды и породы, приводящих либо к растворению минералов (прежде всего, карбонатов, гидроокислов, сульфатов), либо к аутигенному минералообразованию в конкретных условиях водоносных горизонтов или мест импактного воздействия на породы сбросных вод; степень накопления максимальных, термодинамически допустимых, равновесных с твердой фазой концентраций и сопоставление их с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) в водах; изменение термодинамического равновесия в сторону твердой или жидкой фазы при смене граничных условий; трансформацию состояния элементов при изменении условий функционирования водоносной системы (от состояния химических элементов (форм миграции) и их сое-

Таблица 5

Характеристика насыщения вод по отношению к минералам

Место отбора проб	pH	Минерализация, г/л	Степень насыщения по отношению к минералам					
			PbCO ₃	CaCO ₃	CaSO ₄	Fe(OH) ₃	Al(OH) ₃	CaF ₂
г. Лыткарино, Скв. 1, пойма	6,6	0,29	<i>0,37·10⁻¹</i>	<i>0,85·10⁻¹</i>	<i>0,4·10⁻²</i>	<i>0,9·10³</i>	<i>0,1·10⁻¹</i>	<i>0,14·10¹</i>
г. Лыткарино, Скв. 2, промзона	7,1	1,73	0,44	0,12·10 ¹	0,5·10 ⁻¹	0,5·10 ⁵	0,1	0,45·10 ⁻¹

Примечание: курсивом выделены значения степени насыщения вод, характеризующие их агрессивность (недонасыщенность).

динений зависит их подвижность, способность вступать в реакции, токсичность и т.д.). Информация, полученная в результате компьютерного решения термодинамических расчетов, позволяет использовать следующие геохимические характеристики при интерпретации состояния геологической среды.

1. Величину степени насыщения вод по отношению к вторичным минералам для прогнозирования и картирования процессов, вызванных сдвигом динамического равновесия в сторону твердой или жидкой фазы (карстовых, кольматации полостей, самоочищения воды, формирования геохимических барьеров и др.).

Вода близка к насыщению по отношению к определенному минералу при значении степени насыщения, равном 0,1; при приближении значения к 0,5 минерал может выпадать из раствора, а при достижении 1 — выпадение твердой фазы обязательно. Пример использования предлагаемого показателя для оценки состояния воды иллюстрирует табл. 5. Пробы отобраны из одного водоносного горизонта, практически одновременно.

2. Величину максимально возможной, с точки зрения химической термодинамики, концентрации того или иного компонента, находящегося в равновесии с контрольным минералом (обладающим наименьшей растворимостью) для оценки возможности и опасности техногенного загрязнения вод и картирования участков наибольшей опасности. Так, данные о максимальных концентрациях металлов, которые могут согласно расчетам находиться в водах в содержаниях, превышающих нормы для питьевого или иных видов водопользования, свидетельствуют о том, что для этих вод следует опасаться техногенного загрязнения этими металлами при определенных граничных условиях.

II. Применение методов корреляционного и факторного анализов основано на том, что в гидрогеохимическом поле природного или техногенного объекта установлено объединение элементов по группам, которое зависит от собственных свойств элементов, от их рас-

пределения в породе и реакции на процессы, протекающие в гидросфере (в том числе, техногенные). Эти ассоциации элементов по группам названы парагенетическими группами компонентов гидрогеохимических полей [28]. Элементы групп дают определенную реакцию на конкретный процесс, поэтому логично считать их индикаторами этого процесса. Выявление парагенетических групп возможно с помощью корреляционного или факторного анализов и является инструментом многомерного анализа гидрогеохимического поля, позволяющим фиксировать и картировать процессы разного генезиса (рекомендуемый масштаб — 1:50 000 и крупнее).

Факторный анализ позволяет многочисленным явления, характеризующиеся изменчивостью и разнородностью проявления химических элементов в водах, описать ограниченным количеством факторов влияния.

Для геохимической оценки изменений геологической среды используются методы геохимии ландшафтов, включающие сопряженное изучение потоков загрязнителей и форм геохимических изменений в окружающей среде, а также теорию геохимических поисков, так как процессы загрязнения являются процессами формирования техногенных и агрогенных ореолов и потоков рассеяния химических элементов и их соединений [40].

При разработке ТКС охраны геологической среды города геохимическая оценка изменений геологической среды включает два этапа. На первом — характеризуется состояние компонентов окружающей среды города; на втором — оценивается прогноз миграции, трансформации и аккумуляции загрязнителей в природной среде.

На первом этапе необходимо следующее: получение информации об источниках техногенного воздействия, их качественном и количественном составе; расчет техногенной нагрузки, зависящей от концентрации загрязнителей в отходах и объемов отходов; изучение распределения загрязняющих веществ в системе источник техногенного воздействия—транспортующие среды (природные воды, атмосферный воздух, атмосферные выпадения)—депонирующие среды (снеговой покров, почвогрунты, донные осадки, растительность, биос).

Такие исследования должны проводиться комплексно, одновременно, по единой методике опробования всех указанных выше компонентов природной среды на содержание тяжелых металлов, пестицидов, ароматических углеводородов и других загрязняющих веществ.

Главным показателем техногенных изменений является интенсивность техногенной геохимической аномалии, которая выражает степень накопления элементов или веществ-загрязнителей по сравнению с природным фоном и характеризуется степенью загрязнения или коэффициентом концентрации K_c , т.е. отношением концентрации элементов C_x в исследуемом геохимическом объекте к фоновому его содержанию, либо суммарным показателем загрязнения для полиэлементных геохимических аномалий Z_c , характеризующим эффект воздействия группы элементов $Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1)$, где n — число аномальных элементов [32].

В качестве уровня отсчета состояния геологической среды использу-

ются, с одной стороны, фоновые концентрации, характеризующие геологическую среду условно в отсутствии техногенного воздействия, с другой стороны, ПДК ингредиентов. Выбор уровня отсчета определяется задачей исследований: фоновые концентрации должны использоваться для полного, точного изучения техногенных изменений, в то время как ПДК используются при оценке качества природной среды.

Результатом первого этапа геохимических исследований являются геохимические карты состояния природной среды, на которых выделяются техногенные геохимические поля.

На втором этапе необходимо следующее: выявление особенностей миграции, накопления и трансформации загрязняющих веществ; исследование физико-химических и микробиологических особенностей мобилизации загрязняющих компонентов; оценка способности систем к самоочищению от поступивших загрязнителей или к вторичному загрязнению; оценка устойчивости геохимических систем к техногенным нагрузкам способом изучения геохимической структуры и ее изменений; проведение балансовых оценок аккумуляции и выноса техногенных веществ; разработка геохимических индикаторов техногенных процессов; выработка геохимических нормативов для различных компонентов геологической среды на основе геоэкологического подхода.

Эффективным методом прогнозной оценки техногенных изменений являются комплексные исследования в пределах малых водосборов первого порядка, представляющих собой природно-техногенные полигоны, на которых возможно исследование с необходимой степенью детальности отдельных компонентов геологической среды и природно-техногенных процессов в целом.

Для оценки изменений геологической среды, вызванных обитающими в ней микроорганизмами, необходима оценка изменений в самой микробной системе. Это касается в первую очередь оценки численности и состояния (активности) микроорганизмов непосредственно в природной обстановке.

Для интегральной оценки активности микроорганизмов в грунтах можно применить косвенный подход, используя соотношение показателей численности микробов по данным микроскопии и посева. Эти два метода учета микроорганизмов несут различную информацию, что может быть представлено в виде равенства [27]: $M = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 \dots$, где M — численность бактерий по данным микроскопии; P_1 — бактерии, учитываемые на используемой питательной среде; P_2 — бактерии с другим типом питания, не учитываемые на данной среде; P_3 — неучитываемые медленно растущие бактерии; P_4 — бактерии, не учитываемые из-за стрессов; P_5 — мертвые клетки. Соотношение между показателями численности двух методов $K = M/P_1$ будет возрастать, если будут увеличиваться компоненты P_2, P_3, P_4, P_5 . Низкое K может служить индикатором доминирования быстрорастущих, активно размножающихся и потребляющих субстрат микроорганизмов. В обогащенных органикой грунтах $K = 18-100$, в песчаных горизонтах $K = 1000-9000$.

Широко применяемый в микробиологии метод посева природного материала на питательную среду также может быть использован для определения состояния микробных клеток в грунтах. Хаттори впервые проанализировал расписание формирования колоний бактерий на чашках и установил, что процесс является вероятностным и описывается распределением Пуассона [63]. Предлагаемый подход может оказаться полезным при определении уровня активности микроорганизмов непосредственно в природе, а вероятность размножения представляет интерес как весьма чувствительный индикатор в задачах по мониторингу и управлению желательными и нежелательными процессами в грунтах.

Техногенные воздействия приводят к тому, что деятельность микроорганизмов в природе оценивается уже не в масштабах геологического времени, а в течение нескольких лет и месяцев. Для оценки скорости микробного процесса важно знать концентрацию поступающего субстрата (загрязнителя) и начальную численность микробов в данной среде, так как от этих показателей зависит динамика процессов накопления биомассы микроорганизмов и потребления загрязнителя. Связь между скоростью роста микроорганизмов X и скоростью потребления субстрата S описывается уравнением [5]:

$$\frac{dX}{dt} = Y \frac{dS}{dt} - bX, \quad (1)$$

где Y — коэффициент роста—выхода новых клеток, b — часть отмирающих клеток. Для описания скорости потребления субстрата используют формулу реакции смешанного порядка:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{KXS}{K_s + S}, \quad (2)$$

где K и K_s — кинетические параметры, K_s — константа насыщения, концентрация субстрата, при которой удельная скорость роста микроорганизма равна половине максимальной.

Модели (1) и (2) наиболее общие и гибкие и могут использоваться для аэробных и анаэробных систем, автотрофных и гетеротрофных микроорганизмов. Для решения уравнений (1) и (2) необходимо знать параметры K , K_s , b , которые находятся экспериментально. Значения этих параметров зависят от природы поступающего загрязнителя, набора популяций, состояния и условий окружающей среды. В широком диапазоне температур, ниже оптимального для данного организма значения, температурный коэффициент для скорости роста равен двум, т.е. при увеличении температуры на 10° скорость роста организма возрастает в два раза в указанном диапазоне. Следовательно возрастает и скорость потребления загрязнителя микроорганизмами. Для описания динамики роста микроорганизмов часто используются дифференциальные [5, 23] и логистические [34] уравнения.

Важной представляется постановка экспериментов по изучению миграции популяций микроорганизмов в почвах, породах и подземных водах. Такие данные необходимы для прогноза самоочищения в случае нежелательных и патогенных популяций. Для разбавленных

суспензий процесс адсорбции микроорганизмов на поверхности описывают уравнениями Фрейндлиха и Лангмюра [59].

Названные подходы позволяют оценить количественно и прогнозировать динамику микробного сообщества, его структуру, скорость микробных процессов в природной среде после различных воздействий. При оценке воздействия различных факторов на микробные системы в геологической среде нужно учитывать разнородность объектов, неопределенность структуры микробной системы и различные ее реакции на разные виды воздействий, возможность включения в нее инородных микроорганизмов. Чтобы предсказывать изменения и решать прикладные задачи с учетом пространственных и временных масштабов надо использовать как детерминистические, так и стохастические (вероятностные) модели развития микробной системы.

Оценка изменений геологической среды с геофизических позиций. Неравномерное распространение источников загрязнения в пределах городской территории приводит к тому, что уровень воздействия неодинаков в различных функциональных зонах. В количественном отношении, например, на единицу площади территории в промышленных зонах величина техногенного воздействия приблизительно вчетверо превышает величину воздействия в пределах сельской зоны. Техногенное воздействие на геологическую среду приводит к техногенному загрязнению, т.е. поступлению вещества или энергии в количествах, превышающих допустимые уровни [38]. Мерой техногенного воздействия на среду является изменение последней. Характер и последствия техногенного воздействия на геологическую среду оцениваются по ее реакции на это воздействие.

Геологическая среда в соответствии с ее реакцией на воздействие может быть: нейтральной, т.е. не изменяющей своих свойств при воздействии и передающей сигнал от источника к объекту без качественного его изменения; инерционной, т.е. поглощающей сигнал и аккумулирующей его и практически не передающей его на объект; реагентной, т.е. восприимчивой к воздействию, заметным образом изменяющей свои первоначальные свойства и при этом оказывающей существенное вторичное воздействие на объект. Следует отметить, что реальные среды обладают всеми тремя признаками, количественно определяемыми соотношениями параметров, называемых коэффициентами реакции среды, которые, в свою очередь, зависят от состава, строения и свойств пород, представляющих геологическую среду.

При оценке техногенных изменений геологической среды следует учитывать возможность синергического эффекта, т.е. взаимоусиливающего влияния факторов. В самом общем виде изменяющееся во времени интегральное воздействие может быть выражено следующим образом:

$$\frac{dP}{dt} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{dP_i}{dt} + \prod_{j=1}^n \frac{dP_i}{dP_j} \frac{dP_j}{dt} \right],$$

где P — количественная мера воздействия на геологическую среду, $i, j = 1, 2, 3 \dots n$ — виды воздействия, t — время.

Иллюстрируя синергический эффект, можно сослаться на изменение величины удельного электрического сопротивления пород, обусловленное изменением температуры или обводнением пород в связи с подтоплением, а также на известный эффект тиксотропии при динамическом воздействии на обводненные породы.

Результатом техногенного воздействия на геологическую среду является физическое, химическое и биологическое ее изменения, что обуславливает изменение инженерно-геологических и экологических условий.

Техногенное воздействие низкого, среднего или высокого уровней определяет соответственно нормальное, удовлетворительное и неудовлетворительное состояния геологической среды. В качестве иллюстрации можно привести схемы теплового и вибрационного воздействия (рис. 5, 6), а также схему распределения величины удельного электрического сопротивления грунтов на глубине до 5 м (рис. 7), которую следует рассматривать как схему коррозионной активности, поскольку плотность токов пропорциональна проводимости горных пород. Схемы отображают неравномерность распределения техногенного теплового и вибрационного воздействия и неоднородность электропроводности грунтовой толщи и соответственно разное состояние геологической среды применительно к каждому виду воздействия.

В случае нормального состояния геологической среды не требуется дополнительных мер для создания оптимальных инженерно-геологических и экологических условий. При удовлетворительном состоянии — мероприятия, предназначенные для оптимизации инженерно-геологических и экологических условий, не выходят за рамки обычной инженерной подготовки территории. При неудовлетворительном состоянии геологической среды требуются специальные мероприятия, разрабатываемые для каждого конкретного случая и определяемые видом и интенсивностью техногенного воздействия.

Геодинамическая оценка геологической среды позволяет выявить потенциально неустойчивые участки и наиболее рационально распределить капитальные вложения в природоохранные мероприятия с эколого-экономических позиций, осваивать новые и реконструировать застроенные территории.

Применительно к отдельному городу геодинамическое состояние геологической среды можно оценить, установив общие тенденции возможной активизации геологических процессов, нежелательных для человека. Получив такую оценку для ряда городов, находящихся в одинаковых зонально-климатических и геолого-тектонических условиях, можно выстроить ряд городов для выяснения первоочередности составления схем охраны природы.

Авторы, используя этот подход, проанализировали состояние геологической среды 50 городов Московской области. Для оценки были выбраны наиболее существенные факторы: развитие экзогенных геологических процессов, подтопление, защищенность геологической среды от загрязнения, каждый из которых характеризовался тремя показателями. На основании так называемой меры сходства [12]

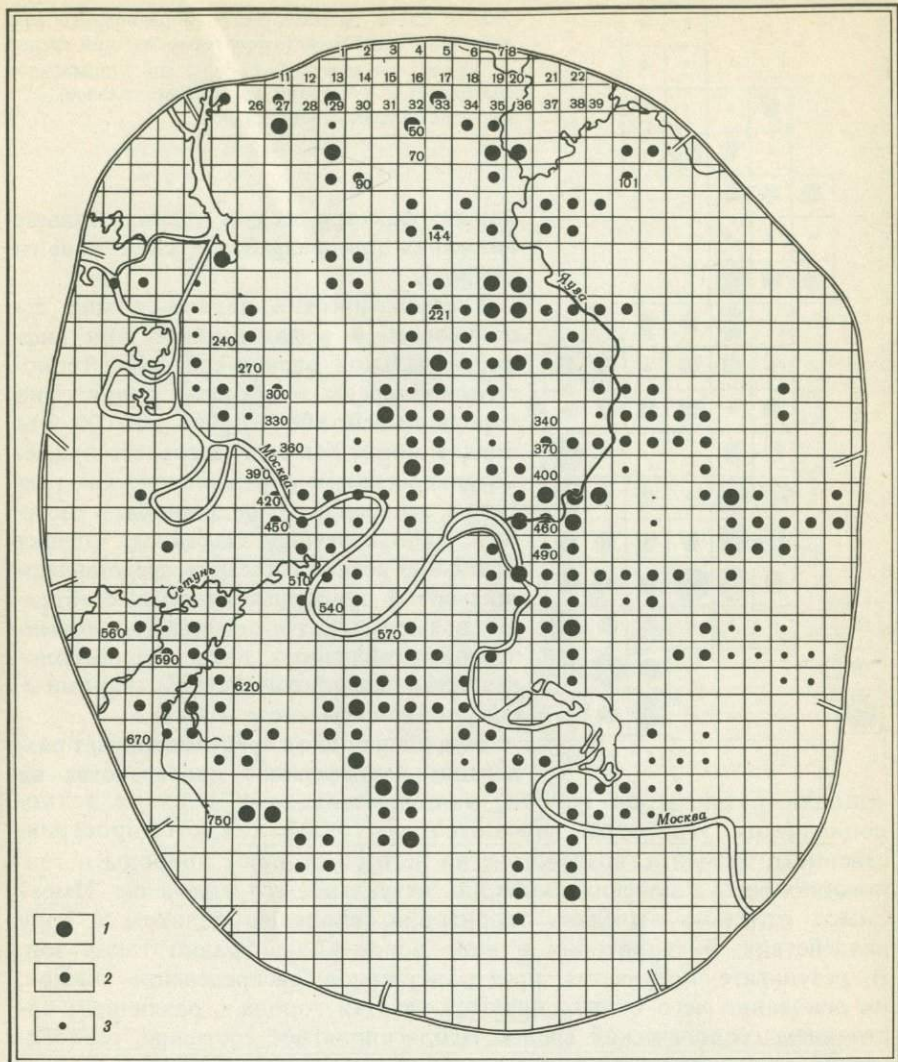


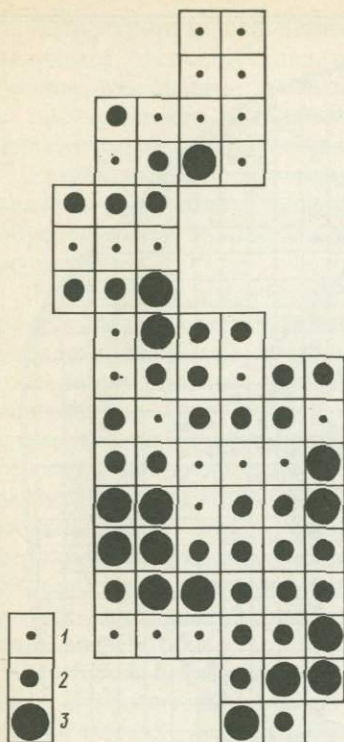
Рис. 5. Схемы теплового воздействия на геологическую среду
Уровни воздействия: 1 — высокий, 2 — средний, 3 — низкий

между совокупностями пофакторных частных оценок была проведена кластеризация городов, в результате чего они были объединены в пять различных классов (кластеров).

Для установления приоритетности каждого класса и отдельного города внутри класса с помощью факторного анализа вычислялась общая геодинамическая оценка состояния геологической среды. Согласно этой оценке геологическая среда городов первых трех классов в наибольшей степени подвержена неблагоприятным изменениям. Принадлежность города к тому или иному классу указывает на то,

Рис. 6. Схема транспортного вибрационного воздействия и оценка состояния геологической среды

Уровни воздействия: 1 — низкий (нормальное состояние), 2 — средний (удовлетворительное), 3 — высокий (неудовлетворительное)



какому фактору следует уделить больше внимания при разработке схем охраны природы.

Геодинамический подход можно использовать и в дальнейшем, при дифференциальной оценке состояния геологической среды в пределах территории города в масштабе 1:10 000—1:50 000. Эта оценка может быть осуществлена применительно к инженерно-геологическим таксонам, выделяемым традиционным способом, либо к речным бассейнам. Оценка отдельных речных бассейнов, представляющих собой природные системные объекты, возможна как с позиций геодинамической устойчивости, так и в гидрогеологическом, гидрогеохимическом, геохимическом и экологическом аспектах.

Еще один подход предусматривает разделение литосферного пространства на

единичные блоки до глубин, включающих зону влияния техносферы. При этом изучаются: состояние каждого пространственного элемента, воздействие на него со стороны природы и техносферы и потенциальное или актуальное его изменение. Имеет смысл отдельно выделять территории, входящие целиком в зону воздействия, и территории в виде полос вдоль границ таких зон. В результате получается пространственное распределение оценок, на основании чего оконтуриваются участки города с различным состоянием геологической среды. Неблагоприятное состояние геологической среды изучается более детально в масштабе генплана города, в частности, на модельных участках, наиболее полно представляющих как геологическую среду города, так и его техносферу.

Экологическая оценка изменений геологической среды может быть получена на основании использования косвенных показателей. Любую экосистему или ландшафт характеризует совместное функционирование биоценозов и абиотических компонентов, возможное благодаря особому механизму регуляции. На состоянии экосистемы отражаются изменения, происходящие в геологической среде и, наоборот, через экосистему в геологическую среду могут транслироваться воздействия, изменяющие состояние последней.

Экологическая оценка последствий изменений геологической среды сводится к установлению качества геологической среды применитель-

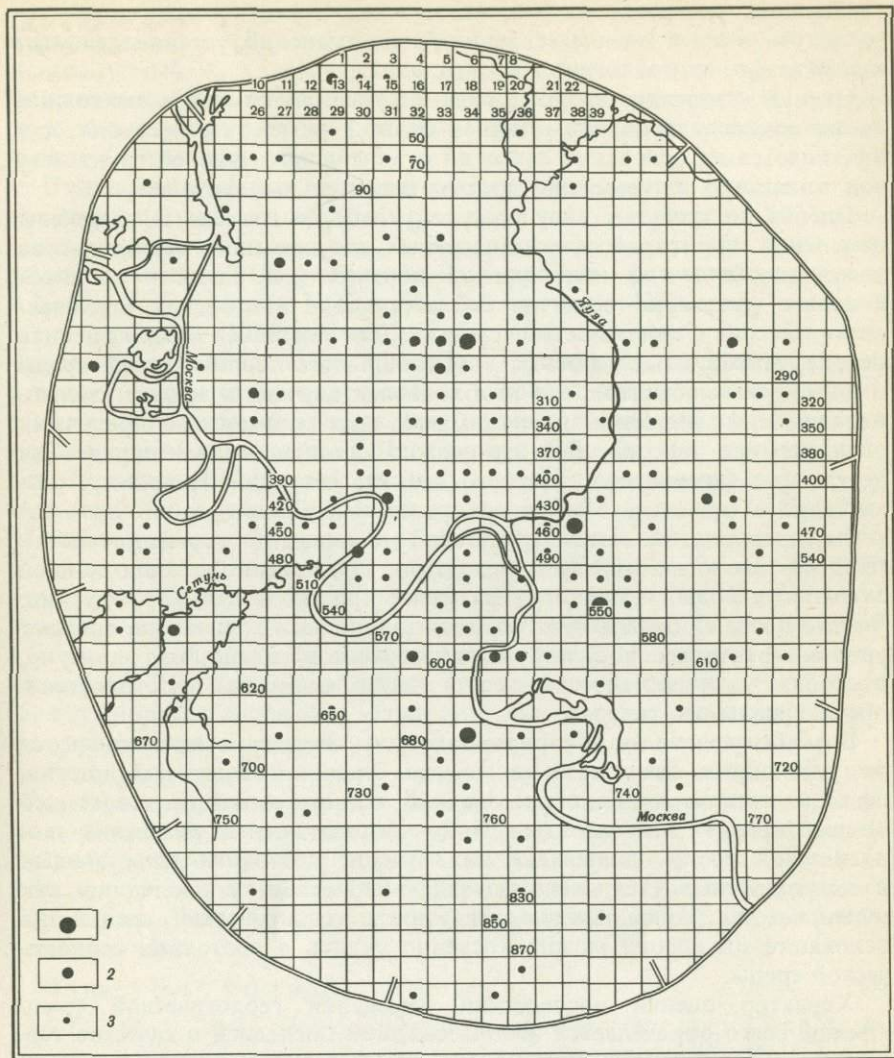


Рис. 7. Изменение коррозионной активности по величине удельного электрического сопротивления грунтов

1 — высокая, 2 — средняя, 3 — низкая

но к санитарно-гигиенической обстановке, состоянию материально-технических объектов и природных ресурсов.

Оценка влияния геологической среды на природные ресурсы проводится на качество подземных вод, используемых в городе; на растительные фитоценозы; на собственно геологическую среду как пространственно-материальный ресурс.

Оценка изменения качества подземных вод имеет разработанную нормативную базу и легко осуществляется при наличии конкретных

требований к качеству воды и информации о фактическом ее качестве, в том числе с учетом тенденций его изменений, устанавливаемым в рамках физико-геологического анализа.

Оценка изменения второго вида ресурсов не имеет в настоящее время почти никакой нормативной базы, в результате чего она осуществляется на основании сведений о колебаниях уровней грунтовых вод, влияющих на изменение состава растительных фитоценозов.

Оценка по третьему виду ресурсов наиболее сложна. Определение изменений территорий, предназначенных для наземного строительства в целом обеспечено необходимой нормативной базой и сводится к оценке инженерно-геологической обстановки в пределах оцениваемого таксона геологической среды. Дополнительно надо оценить нерегламентируемые эффекты (взаимовлияния геологической среды и инженерных объектов, а в необходимых случаях и эффект взаимовлияния с хозяйственными системами, находящимися за пределами оцениваемого таксона. Все это можно сделать, лишь опираясь на результаты физико-геологического анализа ситуаций. Например, размещение в пределах объемного склона бассейново-речной литосистемы предприятий металлургической и пищевой промышленности приносит экологический вред, вследствие повышения биокоррозионной активности воды, провоцируя развитие процессов сульфат-редукции. Вместе с тем влияние водоотбора из водоносных горизонтов снижает уровни грунтовых вод, что в экологическом плане благоприятно, поскольку улучшает качество геологической среды как пространственно-материального ресурса.

Возможные затраты на природоохранные мероприятия не являются безграничными, поэтому экологическая оценка последствий должна, по-возможности, дополняться оценкой экономической, позволяющей оптимизировать эти затраты. Экономическая оценка изменений геологической среды направлена на изучение состояния естественных и искусственных (техногенных) систем. Поскольку последние, как и экосистемы, функционально связаны с геологической средой, на основании их оценки можно косвенно судить о состоянии геологической среды.

Характер оценки последствий изменений геологической среды прежде всего определяется использованием последней в качестве территориальных литосферных ресурсов (ТЛР), осваиваемых для размещения тех или иных хозяйственных систем. Поэтому для экономической оценки правомерно применить концепцию рентных оценок, рекомендуемую для природных ресурсов. Согласно этой концепции дифференциальная рента (т.е. оценка ТЛР) выражается разницей между замыкающими (регулирующими) и индивидуальными затратами на освоение и эксплуатацию природного ресурса. Применительно к городскому хозяйству, индивидуальные затраты включают следующие статьи: на научные исследования и инженерные изыскания, организацию и эксплуатацию литомониторинга; на управление освоением и эксплуатацией объекта, включая планирование, проектирование, организацию и управленческий контроль; на компенсацию отчуждения сельскохозяйственных земель, лесных, водных и других

ресурсов, затраты на инженерную подготовку, инженерную защиту, строительное освоение и эксплуатацию; на инвестиционный фонд, используемый для компенсации потерь, вызываемых стихийными бедствиями. Все перечисленные статьи включают затраты на природоохранные мероприятия, доля которых в индивидуальных затратах может быть ощутимой.

Под замыкающими (регулирующими) понимаются предельно допустимые (применительно ко времени оценки) затраты на использование ресурса по тому или иному назначению (т.е. для того или иного освоения). Они определяются уровнем развития народного хозяйства и в общем изменяются во времени. Поскольку освоение и эксплуатация ПМР геологической среды направлена по получению определенного народнохозяйственного результата, то эффективность его достижения будет определяться разницей между регулирующими (замыкающими) и фактическими (индивидуальными) затратами на освоение и эксплуатацию ТЛР. Причем, "чем больше эта разность, тем больше народнохозяйственный эффект от хозяйственного освоения данного участка (и ущерб от его неиспользования)" [49]. Рассматривая последний тезис в ретроспективном плане, можно прийти к следующему выводу. Если в процессе частичного освоения ТЛР геологической среды произошли негативные изменения, в результате которых на последующее его освоение требуются повышенные затраты, то наблюдается экономический ущерб вследствие снижения качества ТЛР. Причем, величина его будет соответствовать разнице между индивидуальными затратами на освоение и эксплуатацию на первом этапе и индивидуальными затратами на последующем.

В том случае, если ущерб произошел вследствие непринятия необходимых природоохранных мер или их недостаточности, то величина ущерба будет соответствовать величине соответствующих затрат на защиту (при неизменном типе освоения). Экономическая сущность обусловленного ущерба видна из формулы определения эффективности капитальных вложений, переписанной применительно к рассматриваемому случаю:

$$U_{\text{ТЛР}} = (C_2 - C_1) + E(K_2 - K_1), \quad (3)$$

где C_1 , C_2 — приведенные эксплуатационные (текущие) расходы на защиту в первоначальном и последующем варианте; K_1 , K_2 — соответствующие капитальные вложения; E — коэффициент экономической эффективности капитальных вложений (в данном случае на защиту).

Таким образом, $U_{\text{ТЛР}}$ является реальным ущербом, понесенным хозяйством вследствие порчи ресурса. В том же случае, если рассматривать обусловленную выше ситуацию в перспективе, то можно говорить о $U_{\text{ТЛР}}$, как о предотвращенном ущербе. Причем, для того, чтобы капитальные вложения в защиту были эффективны, E должен быть больше или равен некоторому нормативному коэффициенту экономической эффективности капитальных вложений E_n , принимаемому равным 0,12.

Анализируя вопрос образования ущербов вследствие негативных изменений геологической среды, можно прийти к выводу, что благо-

даря им на первом этапе освоения и эксплуатации территории был нанесен дополнительный ущерб, но уже хозяйственной системе, вследствие, например, разрушения зданий и сооружений, сокращения сроков их эксплуатации до ремонта и возобновления против нормативных. Величина этого ущерба (его можно назвать прямым ущербом хозяйству) оценивается суммой годовых (дополнительных к запланированным) приведенных затрат (текущих и капитальных вложений):

$$\sum_{i=1}^{i=m} Y_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^{i=m} C_i + E_n K_i, \quad (4)$$

где C_i — эксплуатационные расходы (текущие) по i -му объекту; K_i — соответствующие капитальные вложения.

Для расчета ущербов, понесенных хозяйством в результате негативных изменений геологической среды, а также определения экономической эффективности природоохранных мероприятий рекомендуется определить ряд экономических показателей, которые могут быть использованы применительно к геологической среде (см. разд. 18).

Выбор рациональных природоохранных мероприятий в перспективе основывается на результатах поисковых прогнозов, а также экономической и экологической оценки перспективных ситуаций, осуществляемых на базе оценки предпрогнозного состояния геологической среды.

Рассмотренные виды оценки состояния геологической среды имеют и достоинства и недостатки. Так, с точки зрения затрат времени на проведение исследований, наиболее эффективной является экологическая оценка, в наименьшей мере — геодинамическая и энергетическая оценки. По критерию экономической эффективности наиболее ресурсоемки дифференциальные оценки, в то же время они предпочтительней по полноте информации и достоверности. Экономическая и экологическая оценки наиболее дешевы, просты и выразительны, но в меньшей мере способны учесть оценочную неоднородность такого сложного объекта, как геологическая среда.

12. ПОНЯТИЕ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОМ, СОЦИАЛЬНОМ И ЭКОЛОГИЧЕСКОМ УЩЕРБАХ КАК НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

Взаимодействие геологического компонента с биотическими и абиотическими компонентами выдвигает ряд требований к обеспечению качества функционирования различных иерархических систем типа общество—природа.

Под качеством функционирования будем понимать совокупность физических, химических, биологических, геологических и социальных свойств, влияющих на человека, природу и материально-технические объекты. По отношению к человеку все остальные компоненты могут быть описаны как среда — и в этом смысле качество среды должно обеспечить сохранение воспроизводящих среду и человека естественных и искусственных механизмов. В ячеисто-гетерогенной

природной, в том числе геологической, среде качество функционирования систем является весьма изменчивой характеристикой, хотя основные социальные требования к ней должны быть территориально довольно постоянными. Поэтому достижение запланированного уровня качества функционирования систем возможно только путем соответствующей оптимизации взаимодействий общества и природы. Уровень качества функционирования систем определяется с помощью нормативов.

Взаимодействия в системах общество—природа, от которых зависит достижение запланированного уровня качества функционирования систем, называются экологическими. Это определение используется как характеристика методологического подхода к анализу взаимодействий. Достижение расчетного уровня качества функционирования систем может быть достигнуто в ходе взаимной адаптации компонентов городских вариантов систем общество—природа, включающих в свой состав компоненты природы, хозяйства и социосферы.

В процессе адаптации изменяются параметры и структура системы, алгоритм функционирования, управляющие воздействия и т.д. Следовательно, системы общество—природа должны рассматриваться как адаптирующиеся, т.е. приспосабливающиеся к изменению внутренних и внешних условий функционирования. В ходе адаптации направленно, с помощью мероприятий различного типа, изменяются параметры геологической составляющей — свойства и структура геологических тел, механизм экзогеодинамических и других процессов. При этом одновременно осуществляются тактическая и стратегическая адаптация системы.

Тактическая адаптация включает мероприятия оперативного и текущего характера, обеспечивающие оптимальное взаимодействие геологического компонента с факторами и условиями развития других элементов и компонентов сложной системы общество—природа на запланированный период. Стратегическая адаптация систем рассчитана на длительное время и в большей степени, чем тактическая, учитывает некоторые специфические эффекты взаимодействий в рамках городских систем.

Ущербообразующие изменения геологического компонента приводят к последствиям, подразделяющимся по сфере проявления на внутренние (в пределах контуров соответствующей локальной системы) и внешние, связанные с такими изменениями геологического компонента соответствующей локальной системы, которые влияют на состояние локальных систем смежных территорий.

В числе наиболее влияющих (ущербообразующих) процессов внутренней и внешней сфер можно выделить процессы, связанные с ухудшением качества и уменьшением количества территориальных ресурсов; процессы, влияющие на снижение запланированного уровня качества функционирования систем; процессы, связанные с недостатками техники и технологии промышленного и сельскохозяйственного производства, с ухудшением качества и снижением количества продукции во внешней сфере влияния. Фактические или потенциальные потери проявляются как экономический, социальный или экологический ущерб.

Экономический ущерб — стоимостная оценка негативных изменений геологического компонента, а также других компонентов природы и общества, обусловленных как прямым воздействием техногенных факторов на геологический компонент, так и обратным его воздействием на природу и общество.

Предотвращенный ущерб включает прямой материальный ущерб (недополучение сырья или промышленной продукции, потери основных фондов городского хозяйства, снижение продуктивности сельского хозяйства и пр.) и косвенный ущерб (связанный с потерями из-за роста заболеваемости, снижения производительности труда, ухудшения рекреационных ресурсов и др.). Предотвращенный ущерб включает только те затраты, которые связаны с предотвращением негативных изменений геологического компонента от рассматриваемого источника (группы источников). Иными словами, предотвращенный ущерб соответствует тактическому ущербу, который связан с определенным вариантом городской системы (локальной или региональной), и с определенным плановым периодом. При кумулятивных негативных изменениях среды или проявления эффекта дальнего действия (смежности) может возникнуть стратегический ущерб, включающий потери в отдельном периоде или потери, проявляющиеся в смежных вариантах систем. В этом случае стратегический ущерб (максимально возможный) превышает предотвращенный ущерб и требует дополнительной компенсации.

Помимо экономического ущерба выделяются также экологический ущерб (негативные изменения в протекании как естественных природных процессов в биосфере, так и техногенно-природных процессов) и социальный ущерб (результаты отрицательного воздействия среды на здоровье и условия жизни человека). Суммарный ущерб, возникающий в результате воздействия техногенеза на природную, в частности, геологическую среду, можно представить следующим образом:

$$\Sigma Y = Y_{\text{эк}} + Y_{\text{эл}} + Y_{\text{сц}} = (Y_{\text{экпр}} + Y_{\text{экоб}}) + (Y_{\text{элпр}} + Y_{\text{элоб}}) + Y_{\text{сц}},$$

где $Y_{\text{пр}}$ — ущерб, нанесенный природе, $Y_{\text{об}}$ — ущерб, нанесенный обществу.

Сознавая многоплановость проблемы учета ущерба, причиняемого воздействием общества на природу, сложность комплекса причинно-следственных связей между компонентами системы общество—производство—природа—общество, мы имеем возможность оценить ущерб суммарно лишь с помощью экономических единиц. Для целей планирования и управления процессом взаимодействия общества с природой такая оценка необходима. Она должна использоваться для учета техногенного воздействия и его последствий во всех природных сферах.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТКС ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ГОРОДОВ

13. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ЗАДАЧИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Содержание и объем используемой информации для составления ТКС охраны природы определяется основными положениями ее научной концепции: системностью, комплексностью, вариантноностью и программно-целевым подходом. В соответствии с этим информация должна обеспечить: 1) системность, временную и пространственную взаимосвязь объектов и явлений, дать представление о структуре исследуемого объекта; 2) применение генетического подхода, что позволит реконструировать развитие природно-техногенной системы и получить данные для прогнозных оценок; 3) использование социально-экологического подхода, позволяющего разработать механизм регулирования взаимодействий природно-техногенных систем путем рассмотрения альтернативных проектно-технологических решений.

Положенная в основу составления ТКС охраны природы информация и получаемые оценки должны обладать: 1) репрезентативностью, т.е. отражать существенные черты строения и свойств характеризующих систем; 2) конструктивностью, т.е. быть сопоставимыми с оценками остальных природных и техногенных аспектов ТКС, пригодными для интегральных геоэкологических расчетов; 3) экономичностью, которая выражается в соответствии стоимости получения оценок и общей стоимости составления ТКС охраны природы и ее реализации; 4) рациональностью, которая определяется как минимальный объем затрат труда, времени и средств на получение единицы информации; 5) масштабностью, выражающейся соотношением масштаба хозяйственно-экономической деятельности, составом и плотностью информации, необходимой для решения конкретных задач¹; 6) нарастанием конкретизации и детализации информации по мере укрупнения масштаба схемы, увеличением ее плотности в пространстве и времени, сменой показателей от более общих, универсальных, к узкоспециальным, детальным.

По характеру информационного обеспечения выделяются директивная и аналитическая информация. К первому виду относятся данные, зафиксированные в нормативной и инструктивной литературе, определяющие административно-правовое обеспечение ТКС охраны природы, содержащие указания по составу и содержанию схем, о порядке утверждения и согласования. Нормативные и инструктивные документы периодически изменяются, отражая новые достижения науки и практики, новые направления социально-экономического развития народного хозяйства. Остальные данные, характеризующие все ком-

¹ Масштабность отражает и многоуровневый подход, используемый для составления ТКС охраны природы, заключающийся в неоднократном рассмотрении одного и того же объекта в различных масштабах.

поненты оцениваемых аспектов, относятся к аналитической информации. Сюда же входят данные об ущербах.

Можно сформулировать несколько наиболее общих принципов получения и использования информации для проектирования: 1) принцип унаследованности (актуальная информация должна дополняться ретроспективной); 2) принцип системного соответствия (все геозкофакторы находятся во взаимосвязи и взаимозависимости с факторами техногенеза и другими природными факторами); 3) принцип непрерывности заключается в постоянном обновлении информации с помощью системы литомониторинга; 4) принцип неаддитивности вклада факторов (различные субкомпоненты геологической среды обладают неодинаковой значимостью); 5) принцип последовательности отражает необходимость поэтапного сбора информации и ее анализа.

14. ТРЕБОВАНИЯ К ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТКС ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ГОРОДОВ

Информационное обеспечение системного, аксиологического, генетического и социально-экологического подходов к комплексному изучению состояния и прогнозу изменений геологической среды заключается, прежде всего, в создании набора специальных карт, основными из которых являются карты инженерно-хозяйственного освоения и инженерно-хозяйственного воздействия (с учетом ретроспективы и перспективы), геосистемного районирования (с использованием небольшого числа наиболее емких факторов) и карты прогноза развития инженерно-геологических процессов (геодинамического районирования). На основе набора карт рекомендуются направления охраны и улучшения геологической среды.

Информационное обеспечение социально-экономического подхода включает сбор и обработку сведений об экологических и экономических ущербах, выявившихся в результате предшествующего взаимодействия между социально-экономической структурой и геологической средой. Данные об ущербах (совокупностях прямых и косвенных потерь) и дифференцированные сведения о затратах, которые необходимы для устранения негативных последствий взаимодействий между обществом и геологической средой отображаются в геозкологических и геозкономических матрицах и схемах.

Для оценки уровня техногенного воздействия на геологическую среду и прогнозирования возможных ее изменений необходимо располагать достаточной информацией о взаимном местонахождении источников и объектов воздействия, свойствах геологической среды и возможной ее реакции на воздействие.

Носителями информации являются документы, карты, схемы, отражающие результаты инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических и инженерно-геофизических изысканий, проводимых на различных стадиях проектирования, а также документы, определяющие направленность освоения территории и дальнейшего ее использования. Кроме того, необходимой составной частью банка информации являются схемы районной планировки и генеральные

планы населенных пунктов, содержащие сведения обо всех инженерных объектах и отдельных сооружениях в пределах изучаемой площади.

К информационным материалам по оценке состояния геологической среды, например, в геофизическом аспекте могут быть отнесены карты или схемы пространственного распределения температурного, статического и динамического (вибрационного) полей, электрического поля блуждающих токов, карты удельного электрического сопротивления пород для различных глубинных срезозов и т.п.

Использование схем районной планировки и генеральных планов населенных пунктов дает возможность определить положение всех инженерных объектов, которые могут играть роль источников воздействия, или, наоборот, роль реципиентов. Данные о геологическом строении, инженерно-геологических и гидрогеологических условиях позволяют охарактеризовать распространение воздействия, передаваемого через геологическую среду, и сделать заключение о возможных последствиях этого воздействия. Сведения, полученные при анализе специальных информационных материалов (карты физических полей, удельного электрического сопротивления и т.п.) дают возможность определить вид техногенного воздействия, оценить его уровень и дифференцировать исследуемую территорию по степени подверженности воздействию.

Построение карты источников воздействия на геологическую среду проводится на топооснове с использованием генеральных планов с указанием истинного положения и по возможности масштабированных размеров источника. Однако возможен альтернативный вариант, подразумевающий деление территории исследуемого региона, города или отдельных фрагментов их на равновеликие квадраты с указанием количества источников и их обобщенных параметров для всего квадрата в целом.

На картах техногенного воздействия на геологическую среду (по отдельным видам воздействия, по воздействию отдельных источников или суммарного воздействия) отображается воздействие со стороны объектов-источников, расположенных на исследуемой территории, с указанием размеров зоны воздействия. При составлении карты отдельных видов воздействия в каждом случае используются свои характеристические параметры, причем допустима качественная информация.

На основе карт техногенного воздействия на геологическую среду, составленных для отдельных видов воздействия, могут быть составлены "синтетические карты", интегрирующие всю совокупность воздействия. Такого рода карты можно рассматривать в качестве основного графического документа, содержащего информацию, необходимую для разработки ТКС охраны природной среды. При составлении синтетической карты в силу действия принципа суперпозиции необходимо соблюдать условие увеличения на одну или несколько ступеней (в случае однонаправленного действия) или уменьшения (в случае разнонаправленного действия) уровня суммарного воздействия.

Таким образом, карта суммарного техногенного воздействия на геологическую среду представляет собой специальную комплексную карту по отношению ко всем исходным. Эта карта может являться самостоятельным документом для оценки уровня техногенного воздействия и для прогнозирования изменения геологической среды в целом и отдельных ее компонентов.

Для инженерно-геологической оценки состояния геологической среды и решения задач ее охраны и рационального использования применяются традиционные методы инженерной геологии — картирование и районирование. Однако при этом возникает ряд специфических особенностей, которые обуславливают изменения глубины освещения и содержания карт. Содержание составляемых карт должно обеспечивать выполнение стоящих перед исследователем задач по изучению изменений, происходящих в геологической среде на территории городов, т.е. карты должны иметь прогнозную направленность. Попытки решения этого вопроса привели к созданию специальных карт инженерно-геологической типизации геологической среды. "На этих картах выделяются территории с одинаковыми (или сходными) инженерно-геологическими условиями на всю мощность геологической среды... Главное отличие их от общепринятых карт инженерно-геологического районирования заключается в том, что типизация ведется с учетом ожидаемых изменений в строении геологической среды под воздействием градопромышленного комплекса" [14].

Для того, чтобы прогнозировать предполагаемые изменения геологической среды, необходимо на основе типизации факторов техногенеза предварительно оценить размеры зон влияния различных видов инженерно-хозяйственного воздействия, характер и вид возможных в будущем инженерно-геологических процессов, и, как следствие, глубину и площадь картирования, а также соответствующим образом определить характер типизации собственно геологической среды с целью раскрытия условий протекания существующих и потенциально возможных инженерно-геологических процессов.

На картах инженерно-геологической типизации городских территорий основной таксономической единицей районирования будет тип геологической среды, т.е. часть территории, которая характеризуется набором однозначных геологических факторов, обуславливающих одинаковый механизм протекания инженерно-геологических процессов и определяющих основные особенности инженерных решений.

Карты инженерно-геологической типизации городских территорий должны составляться на основе целой серии вспомогательных и аналитических карт, позволяющих показать распределение в геологическом пространстве одного или нескольких параметров инженерно-геологической обстановки, взаимосвязь которых оценивается при составлении карты инженерно-геологических условий, а схематизация и систематизация производится уже при районировании территории.

В заключение следует сказать, что при составлении комплекта этих карт рекомендуются масштабы 1:25 000—1:50 000 — для крупных городов и 1:5 000—1:10 000 — для малых.

15. ЛИТОМОНИТОРИНГ КАК СРЕДСТВО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ОБОСНОВАНИЯ ТКС ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ГОРОДОВ

Проблемы оптимизации функционирования ПТС являются в настоящее время одними из важнейших. Оптимальное управление "вписанными" в геологическую среду (как часть природной среды) структурными элементами экономики предполагает осуществление ряда последовательных задач:

— изучение природных ассоциаций геологических тел, которые могут служить основой или средой техногенных систем (изучение геологического фона);

— исследование многообразных связей между всеми компонентами природной среды: атмосферной, наземной гидросферой, биотой и геологической средой, учет этих связей при функционировании ПТС;

— классификация геологической среды с выделением парагенетических природных ассоциаций геологических тел — типов геологической среды, отличающихся характерными выраженными (актуальными) или потенциально возможными парагенезисами геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических процессов;

— анализ наличествующей и проектируемой хозяйственной инфраструктуры территории, учет экономического фона;

— анализ техногенного воздействия на природную среду, установление вида воздействия и границ его влияния;

— прогноз изменений геологической среды и ПТС в итоге взаимодействия общества, техносферы и природы.

В результате функционирования ПТС на разных масштабных уровнях изменяются естественные геологические границы и возникают новые, которые формируются как за счет изменения в ходе естественного и техногенного развития геологических тел, так и за счет техносферы, состоящей из различных развивающихся элементов хозяйственной инфраструктуры.

Контроль, оценка и прогноз изменений геологической среды должны осуществляться в системе литомониторинга. Под литомониторингом нами понимается организованная с контрольными и прогнозно-диагностическими целями система повторяющихся, заранее спланированных в пространстве и времени наблюдений за динамикой развития геологической среды и ее компонентов, зависящей от природных и техногенных факторов. Данные литомониторинга должны использоваться для контроля (проверки состояния) геологической среды путем сопоставления оценок с системой стандартных критериев и показателей. Подобными показателями могут служить показатели предельно допустимых осадок, перекосов и кренов, дифференцированные для зданий и сооружений различного типа; сопоставленные показатели средних (фоновых) и аномальных (предельно допустимых) содержаний токсичных химических элементов и соединений в почвах, грунтах и подземных водах; показатели критических уровней подземных вод и т.д. Оценка состояния и прогноз изменений геологической среды особенно важны при разработке ТКС, строительном освоении и эксплуатации урбанизированных

территорий — городов и групповых систем расселения (в том числе городских агломераций).

Для осуществления обоснованной системы литомониторинга должна быть последовательно выполнена классификация видов, способов и средств литомониторинга; элементов геологической среды; зонально-климатических типов местности; видов техногенного воздействия с учетом их регулярности, интенсивности, взаимовлияния; показателей, оценивающих качественное и количественное состояние геологической среды и ее компонентов; критериев устойчивости геологической среды по отношению к техногенным воздействиям.

В результате диагностической и прогнозной оценок геологической среды устанавливаются предельные значения факторов воздействия и участки критического состояния геологической среды. Последние образуются при неблагоприятных сочетаниях факторов изменений. Пространственная дифференциация основных факторов изменений и наличие участков критического состояния обуславливают необходимость выделения наряду с мониторингом общих проблем специального мониторинга. Специальные проблемы связаны с освоением участков геологической среды, характеризующихся нестационарным состоянием, в пределах которых наблюдаются так называемые "известные" опасности. Прежде всего, это участки с развитием неблагоприятных инженерно-геологических процессов или участки с наличием слабо контролируемых источников критических воздействий. В пределах таких участков и на сопредельных территориях размещается соответствующая наблюдательная сеть.

Общий литомониторинг направлен на контроль участков с квазистационарным состоянием геологической среды и выявление "новых" опасностей. Принцип размещения пунктов наблюдательной сети основывается на необходимости учета характера и степени пространственно-временной изменчивости различных геологических и зонально-климатических факторов, а также источников воздействия.

Методика обоснования размещения точек режимных наблюдений как важнейшего компонента литомониторинга включает два аспекта классификации: типов и элементов геологической среды, подлежащих специфическому контролю; источников и факторов техногенных возмущений, выделения зон совокупного воздействия.

Первый аспект предусматривает районирование территории по условиям возникновения и развития геологических и инженерно-геологических процессов. Второй аспект предполагает проведение специального районирования территории, заключающегося в выделении типов факторов техногенеза, определяющих специфические изменения геологической среды. На основе двуаспектной типизации локализуются в пространстве зоны потенциального возникновения инженерно-геологических и гидрогеологических процессов, выделяются участки общего и специального литомониторинга.

При обеспечении и обновлении ТКС результаты режимных наблюдений, отображающие последовательные изменения различных компонентов геологической среды, должны быть сопоставлены с другими изменяющимися факторами, в том числе с хозяйственной деятель-

ностью. Выявленная в ходе подобного сопоставления тенденция изменения состояния геологической среды может быть экстраполирована, что позволяет делать прогнозные оценки.

Система литомониторинга представляется в целом важным элементом оптимизации различных этапов хозяйствования: планирования, управления, строительства, эксплуатации ПТС. Использование данных литомониторинга, полученных в ходе режимных наблюдений, в сочетании с информацией о геологической среде в целом и видах хозяйственного воздействия, позволяет перейти к созданию прогнозных моделей геологической среды, с помощью которых можно рассмотреть различные альтернативы воздействия на среду и выявить наиболее оптимальные решения. Полученная информация может быть использована для того, чтобы оперативно установить источники ущерба, выявить критические факторы воздействия, консервативные и лабильные компоненты геосреды и меры по их защите, определить допустимые нагрузки на среду, оценить эффективность и целесообразность применения различных форм строительства и других видов освоения территории и т.д.

Глава VI

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ ТКС ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ГОРОДОВ

16. МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ И ПРИОРИТЕТНЫХ ПРОБЛЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Проблемные ситуации формируются в результате взаимодействия природных, хозяйственных и социальных факторов в ходе функционирования ПТС. Различные по степени конфликтности и масштабу проявления проблемные ситуации взаимодействия характеризуются потенциальными или проявленными отклонениями эмпирического уровня функционирования ПТС от желаемого (расчетного, нормативного) уровня, обеспечивающего запланированное качество функционирования ПТС. Проблемная ситуация может явиться следствием ошибок в результате нерационального выбора места, типа, характера использования территориальных ресурсов; неудачного вписывания объекта в природную среду; ошибок в управлении, а также непредвиденных изменений природных компонентов (в том числе стихийных бедствий). Проблемные ситуации характеризуются источниками воздействия и компонентами природной среды, изменяющимися от этих воздействий (табл. 6).

Выявление проблемных ситуаций взаимодействия предлагается проводить последовательно, т.е. оценить состояние геологической среды и освоенности территорий; осуществить специальное типологическое инженерно-геологическое районирование с выделением участков актуальных и потенциальных проблемных ситуаций взаимодействия; проанализировать и сопоставить проблемные ситуации, выделить приоритетные.

Таблица 6

Пример проблемной ситуации, проявляющейся в отклонении эмпирического уровня функционирования системы от запланированного (в связи с негативным изменением геологического компонента)

Проблемная ситуация (ПС)	Геозоофакторы и техногеозоофакторы, вызвавшие ПС	Природные компоненты, изменяющиеся в зоне влияния ПС	Объекты в зоне влияния ПС	Ущерб, формирующиеся в результате последствий ПС		
				экономический	экологический	социальный
Подтопление территории города и прилегающего района	Город расположен на низких террасах, сложенных с слабopроницаемыми суглинками. Подпор вод водохранилища. Утечки из коммуникаций, нарушение поверхностного стока	Геологическая среда, растительность, животный мир	Город и его обрамление (часть агломерации)	Разрушение фундаментов и коммуникаций в результате подтопления, нарушение устойчивости объектов	Загрязнение, засоление почв и подземных вод. Гибель фитоценозов. Заболачивание	Снижение качества среды обитания человека и социальной инфраструктуры

Составляемая ТКС области призвана решить задачу оптимизации использования территориальных ресурсов. В аспекте геологической среды — это оптимизация использования геологической среды как источника полезных ископаемых; материально-пространственного субстрата расселения населения; биотопа экосистем (в рамках ПС); компонента сложных ПТС, контактирующих с прочими природными средами биосферы и др. Объектом ТКС области является вся площадь области, изучать которую целесообразно по регулярной сети элементарных равноплощадных единиц. Это обеспечивает равную степень пространственного обобщения информации, позволяет в ряде случаев повысить детальность изображения и, в перспективе автоматизировать сбор и обработку первичных данных, использовать статистические методы обработки.

Выделение проблемных ситуаций взаимодействия компонентов систем при составлении ТКС области предлагается осуществлять с последовательным укрупнением масштаба рассмотрения, что позволяет осуществить разработку "сквозной" ТКС (от уровня региона до уровня субрегиона), а затем — до схемы локального уровня.

Подобный подход, наряду с выявлением на каждом уровне "горячих" участков — ПТС и ПС, характеризующихся конфликтностью актуального или потенциального взаимодействия, — позволяет сэкономить время и трудовые затраты, т.е. в конечном счете значительно повысить внутреннюю и внешнюю эффективность разработки ТКС.

В качестве основы определения зон интенсивного техногенеза приняты наиболее общие критерии освоенности территории, которые

на первом уровне обобщения можно сопоставить с воздействием на геологическую среду, дифференцируя воздействия при этом не столько по их разновидностям, сколько по интенсивности суммарного воздействия.

К зонам лабильной геологической среды относятся участки, характеризующиеся степенью актуального или потенциального развития ущербобразующих геологических и инженерно-геологических процессов, резко отличающейся от фоновой.

В общем случае проблемные ситуации могут возникать при повышенной техногенной нагрузке, высокой степени концентрации воздействия на геологическую среду, весьма устойчивую к воздействию. В этом случае проблемная ситуация решается в области экономики методами организационно-управленческими, ведущими к изменению структуры техногенного воздействия. Другой вариант проблемной ситуации возникает в условиях взаимодействия техногенного компонента с исключительно изменчивой, лабильной геологической средой при минимальном техногенном воздействии. В этом случае проблемные ситуации могут встать довольно остро в период интенсивного освоения, следовательно, решаемые в этой ситуации задачи имеют прогнозный характер, а предложения по осуществлению природоохранных мероприятий должны быть рекомендательными.

Наиболее негативны последствия взаимодействия при совпадении зон интенсивного техногенеза с зонами неустойчивой геологической среды. В этом случае могут быть выделены участки локализованных проблемных ситуаций, с которыми совпадают участки городов, промузлов, сложные технические сооружения и т.п. Локализации подобных участков вдоль линейных сооружений соответствует выделение проблемных ситуаций. Особое место занимают территории равномерного воздействия (например, земли сельскохозяйственного освоения, подтопленные территории, эксплуатируемые лесные массивы и т.п.), где могут возникнуть однотипные проблемы взаимодействия.

Использование на первом оценочном уровне имеющихся мелко-масштабных карт и синтезирование первично обработанной информации позволяет сэкономить время и сосредоточить главное внимание на приоритетных проблемах взаимодействия, которые, в первую очередь, возникают на территориях совпадения зон интенсивного техногенеза и неустойчивой геологической среды.

17. ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

При взаимодействии техносферы с геологической средой происходит трансформация ТЛР. Основным интегральным критерием оценки ТЛР является эффективность их использования в народном хозяйстве, которая может оцениваться приростом эффекта, увеличением количества ресурсов или снижением потенциального ущерба

как последствия взаимодействия общества и ТЛР. В условиях ограниченности ТЛР дифференцируются общественно необходимые затраты на исследования, подготовку, освоение и эксплуатацию различных участков ТЛР. В ходе освоения и эксплуатации ТЛР различного качества формируются их экономические оценки, связанные с приростом или снижением экономического эффекта. Эти оценки основываются на концепции дифференциальной ренты. Дифференциальная рента применительно к ТЛР выражается разницей между регулирующими и индивидуальными затратами на исследования, подготовку, инженерную защиту, строительное освоение и эксплуатацию оцениваемого участка ТЛР, включая в необходимых случаях компенсацию потерь, связанных с ТЛР сельскохозяйственных, водных и других ресурсов.

Составной частью индивидуальных затрат, существенно влияющей на размер дифференциальной ренты (экономическую оценку ТЛР), являются затраты на природоохранные мероприятия, связанные с рациональным использованием и охраной ТЛР.

К природоохранным относятся мероприятия, направленные на снижение и ликвидацию негативного техногенного воздействия на геологическую среду и негативного обратного воздействия трансформированной геологической среды на материально-технические объекты; на сохранение, улучшение и рациональное использование ТЛР; на защиту ТЛР и связанных с нею объектов от стихийных (естественных) геологических процессов; на снижение и ликвидацию потерь от трансляции негативных последствий взаимодействия на сопредельные территории.

В ходе планирования, проектирования и реализации природоохранных мероприятий ТЛР необходимо учитывать следующие виды затрат (территория с ресурсами i -го вида при j -м типе освоения). Затраты на организацию освоения и контроль за наиболее полным и рациональным использованием ТЛР Z_{ij}^0 на исследования ТЛР Z_{ij}^1 ; на инженерную подготовку ТЛР по j -му типу освоения Z_{ij}^2 . Подобные затраты целесообразно осуществлять в соответствии с реализацией комплексных проектов охранных зон и схем защиты территорий и населенных пунктов от опасных геологических процессов, которые согласовываются со схемами развития и размещения отраслей производительных сил.

Затраты на улучшение качества и увеличение количества (воссоздание) дополнительных ТЛР путем намыва, отсыпки, мелиорации и др. с проведением сопутствующих мероприятий по предотвращению негативных последствий воссоздания ТЛР Z_{ij}^M . К затратам этого вида относятся и затраты на рекультивацию ранее нарушенных земель.

Осуществление затрат подобного вида часто оказывается более экономичным по сравнению с освоением территорий, значительно удаленных от основного ядра города или центральных городов агломераций. Так, технико-экономическое сопоставление вариантов расширения Киева показало, что путь создания намывных территорий (жилых массивов Русановки, Березняков и др.) экономичнее расши-

рения города в юго-западном направлении по единовременным затратам и ежегодным эксплуатационным расходам на 27,6 млн руб. К подобным выводам, определившим создание намывных территорий в окрестностях Ленинграда пришли и авторы ТЭО Генерального плана развития Ленинграда и Ленинградской области.

Затраты на нулевой цикл — рациональное устройство фундаментов и оснований наземных и подземных объектов, обеспечивающее их оптимальное функционирование, и предотвращение трансляции негативных действий из сферы взаимодействия объекта с геологической средой на сопредельные объекты и территории через геологическую среду Z_{ij}^H .

В окрестностях Большого Ленинграда обширные площади заняты особыми грунтами. Их строительное освоение и по сей день представляет непростую задачу, сопряжено с большими затратами. В том числе — по предотвращению негативного влияния на геологическую среду: как в контурах сферы взаимодействия возводимых объектов с геологической средой ("долевой" природоохранный аспект), так и транслируемого на сопредельные участки ("полный" природоохранный аспект). При освоении подобных площадей территория оседает, изменяются условия поверхностного стока. Осадочные воронки распространяются в стороны от возводимых зданий на 30—40 м, в микрорайоне образуется своеобразный микрорельеф: повреждаются дороги, обмотки коммуникаций, зеленые насаждения. Осадки зданий, возведенных на толщах слабых грунтов (и площадей вокруг них), продолжают десятилетиями. При этом наблюдения в течение сроков, превышающих 20—30 лет, лишены смысла, поскольку скорости оседания объектов и знаков высотных отметок становятся соизмеримыми. Так, вопрос о скорости развития осадки основания уникального памятника истории и архитектуры Исаакиевского собора по-настоящему не исследован по этой причине, хотя наблюдения ведутся регулярно с 1928 г.

Особую опасность представляют изменения геологической среды, транслируемые в толще слабых грунтов от новых сооружений к существующим. В этих случаях прокладка новых коммуникаций, дренажей, забивка под новые сооружения свай, другие строительнотехнологические, а в особенности, силовые и эксплуатационные воздействия приводят к радикальным изменениям напряженно-деформированного состояния геологической среды в основании существующих сооружений и, как следствие, к опасным повреждениям и авариям.

Затраты на инженерную защиту объектов от негативных геологических и инженерно-геологических процессов (Z_{ij}^3), в том числе промышленных, горнодобывающих, энергетических и транспортных объектов $Z_{ij}^{3П}$; объектов (зон) гражданского назначения $Z_{ij}^{3Г}$; памятников истории, архитектуры и культуры $Z_{ij}^{3К}$; природно-ландшафтных памятников, заповедников и охраняемых территорий Z_{ij}^{33} ; эксплуатационные затраты на содержание созданных систем инженерной защиты объектов Z_{ij}^{33} .

Затраты на инженерную защиту, как и затраты на инженерную

подготовку территорий, согласуются со схемами защиты территорий и населенных пунктов от опасных геологических процессов и наиболее успешно реализуются в рамках комплексных проектов, которые начали осуществляться лишь с 1982 г.

Вместе с тем, в составе мероприятий до сих пор не учитываются мероприятия по защите геологической среды и связанных с нею блоков биосферы в процессе реализации защиты основных объектов. Так, в процессе реализации проекта противопаводковых сооружений по защите Ленинграда от наводнений не были осуществлены незапроектированные заранее мероприятия по предотвращению заболачивания и подтопления части прилегающих к дамбе прибрежных территорий, из-за чего значительные площади в районе мыса Лисий Нос подверглись заболачиванию. При реализации противооползневой защиты в Одессе не были предусмотрены мероприятия по интенсификации водообмена в огражденных волноломами прибрежных участках моря, из-за чего в последних значительно ухудшилась экологическая обстановка. При планировке территории строительства нового здания Президиума АН СССР на Ленинских Горах в Москве не были проведены необходимые планировочные работы на окаймляющем площадке строительства склоне, из-за чего возросла опасность интенсификации склоновых процессов. Защита десятков километров магистральных автомобильных дорог в Московской области от паводковых и дождевых затоплений только путем подъема насыпи без дополнительных устройств привела к подпруживанию поверхностного стока, развитию заболачивания и подтопления и, как следствие, к негативным техногенным сукцессиям ряда биоценозов.

Стоимость дополнительных мероприятий по защите геологической среды в процессе реализации защиты объектов, как правило, составляет не более нескольких процентов от стоимости соответствующих защитных мероприятий, зависящих от типа процесса, динамики его развития, сложившегося экономического фона (на ранее осваиваемых территориях и т.д.).

При планировании затрат на защитные мероприятия необходимо учитывать не только объективную комплексность, но и связанную с ней естественную комплексность, определяющуюся парагенетической общностью ряда процессов. Так, защита от оползней одновременно защищает территорию от абразии, а склон от эрозии; защита территории от подтопления в то же время предохраняет основания зданий и сооружений от дополнительной осадки, вызываемой ухудшением физико-механических свойств грунтов при подъеме уровня грунтовых вод и т.д. Например, на территории Московской области подтоплению подвержены площадки современных и весьма дорогостоящих животноводческих комплексов (совхозы "Степановский" и "Пламя" Раменского района). Основной ущерб от подтопления связан с затоплением технологических траншей, предназначенных для механизированной уборки навоза, и с загрязнением почв и подземных вод. Вместе с тем защита от подтопления позволит предотвратить интенсифицирующееся морозное пучение грунтов, а также снижение деформационных свойств грунтов оснований зданий и сооружений.

Затраты на снижение, смягчение, частичное предотвращение или ликвидацию негативного техногенного воздействия на геологическую среду при j -м освоении, вызывающем снижение или изменение качества геологической среды, негативно реализующееся при g -м освоении той же территории.

Затраты этого вида становятся необходимыми при некомплексном планировании затрат на нулевой цикл и инженерную защиту объектов. Так, при использовании сульфатсодержащих шлаков в ходе планировочных или дорожных работ на территории городов, в том числе Москвы, значительно повышается (или возникает заново) сульфатная агрессивность грунтовых вод, защита от которой не предусматривалась при устройстве фундаментов близрасположенных сооружений.

Схожая ситуация с каскадным эффектом (подтопление—загрязнение—повышение агрессивности—коррозирующее действие на фундаменты) сложилась и в некоторых городах Московской области (Серпухов, Воскресенск, Егорьевск), на отдельных участках г. Сланцы и Сланцевского района Ленинградской области, в пределах которого наблюдается подтопление за счет подпора вод Нарвского водохранилища и др.

Затраты на предотвращение, снижение или ликвидацию негативного техногенного воздействия, транслируемого через геологическую среду территории i на геологическую среду сопредельной территории $i + 1$ (или по цепочке: геологическая среда i -й территории \rightarrow атмосфера над i -й территорией \rightarrow атмосфера над территорией $i + 1 \rightarrow$ геологическая среда территории $i + 1$, например, при развевании отвалов, терриконов и т.д.).

Затраты подобного вида наиболее ощутимы при компенсации последствий региональных гидродинамических воздействий (например, при интенсивной эксплуатации водозаборов). Так, на территории Московской области снижение уровней подземных вод захватывает в основном водоносные горизонты, приуроченные к карбонатным породам каменноугольного возраста. В результате многолетней эксплуатации вод этих горизонтов в настоящее время сформировалась огромная депрессионная воронка с центром, приуроченным к территории Москвы. Размеры воронки варьируют для различных водоносных горизонтов. Ее радиус в среднем составляет 50—60 км для верхне- и среднекаменноугольных водоносных горизонтов и превышает 100 км для нижнекаменноугольных горизонтов, т.е. охватывает почти всю территорию Московской области, за исключением крайних западных и восточных районов. Суммарное снижение уровней воды в этих горизонтах в центральных частях депрессионной воронки достигает 50—80 м (районы Зеленограда, Калининграда, Подольска, Щелково). Уровень воды продолжает снижаться. Средняя скорость снижения достигает 0,5 м в год и более.

В результате сработки уровней естественная гидрогеологическая обстановка оказалась нарушенной — глубокие водоносные горизонты во многих случаях потеряли первоначально напорный характер, изменился режим поверхностных и грунтовых вод. Помимо основного ущерба, связанного с тем, что верхнекаменноугольные водоносные

горизонты оказались полностью или в значительной мере осушенными, на огромных территориях, сопредельных с зонами водозаборов, возникли каскадные ситуации, связанные с необходимостью затрат по предотвращению ущербов: 1) из-за общего загрязнения каменноугольных водоносных горизонтов, интенсифицирующегося при нисходящей фильтрации загрязненных грунтовых вод (район Купавны, где содержание ионов железа в водах повысилось до 10 мг/л, хлора — до 1000 мг/л, ароматическое загрязнение — до 5 баллов, район Щелково, Воскресенска и др.); 2) из-за развития в определенных геологических обстановках суффозионно-карстовых процессов (интенсификация которых также связана со значительным снижением уровней вод в закарстованных каменноугольных отложениях), и усилением, вследствие этого, нисходящего движения грунтовых вод с суффозионным выносом песчаного материала в карстовые пустоты и трещины. Соответствующие геологические обстановки достаточно широко развиты в Москве, центральных, южных и западных районах Московской области. Негативные экономические и экологические последствия, связанные с региональным эксплуатационным понижением уровней подземных вод, отмечаются в Ленинградской области, Приморском крае и др.

Затраты на литомониторинг — проектирование, организацию и функционирование системы контроля, оценки и прогноза текущих изменений геологической среды и взаимодействующих с ней материально-технических объектов. Литомониторинг (гидролитомониторинг) является по сути продолжением наблюдений за факторами, вызывающими или активизирующими развитие неблагоприятных геологических и инженерно-геологических процессов, начатых при проведении изысканий для обоснования проектов. Проведение наблюдений за характером и результатами взаимодействия объектов с геологической средой (за состоянием ПТС) имеет принципиальное значение. До сих пор поведение многих ПТС остается трудно прогнозируемым.

Затраты на компенсацию негативных изменений геологической среды и взаимодействующих с ней объектов за счет трансляции воздействий (загрязнений) из сопредельной территории $(i - 1) Z_{i-1,j}^B$. Подобные затраты должны возмещаться из фондов объекта—загрязнителя территории $i - 1$. Их размер регулируется специализированной территориальной организацией (затраты первого вида). До сих пор управленческий и экономический механизм возмещения подобных затрат остается нереализованным, хотя в ряде случаев их необходимость очевидна (растущая сульфатная агрессивность грунтовых вод за счет кислых дождей, распространение подтопления на обширные территории вокруг водохранилищ (Нарвского, Красноярского и др. подпора подземных вод и т.п.).

Затраты на устройство новых защитных систем (дополнительных адаптационных устройств), что определяется в ходе функционирования ПТС Z_{ij}^A , когда могут возникнуть непредвиденные и непредотвращенные последствия взаимодействия между природной и хозяйственной системами, вызванные, например, непредвиденными авариями-

ными ситуациями на сопредельной территории $i - 1$. В этих случаях актуальные потери компенсируются затратами подобного вида.

Затраты на создание регионального инвестиционного фонда на компенсацию потерь от непредотвращенных стихийных бедствий Z_i^c . Предложенная структура затрат отвечает системному подходу к ТЛР, при реализации которого учитываются прямые и обратные связи между природой и техногенной подсистемами и между различными блоками гидrolитосферы. Это позволяет наиболее полно учесть геологические факторы при разработке интегральных экономических оценок природных ресурсов (определяющихся не только геологическими факторами) и избежать игнорирования нужд рационального природопользования в хозяйственной практике и в плано-проектных расчетах. Поэтому ТЛР вполне правомерно рассматривать как составной компонент производственных ресурсов.

Наиболее целесообразно использование затратных оценок путем сопоставления затратного и результатного аспекта экономических оценок. В этом случае ход оценок ТЛР принимает следующий характер. На первом этапе по сумме затрат определяются типы ТЛР. Последовательно суммируются затраты: на управление и исследование ТЛР $Z^0 + Z^H + Z^A$; на подготовку и освоение ТЛР с учетом рационализации взаимодействий $(Z^N + Z^M + Z^H)$; на поддержание оптимального уровня функционирования $|J_n \div J_n|$; $Z^3 + Z^{33}$; на оптимизацию территориального природопользования: $Z_i^B + Z_{i+1}^B + Z_{i-1}^B + Z_i^A + Z_i^c$.

На втором этапе суммированные по типам затраты необходимо сопоставить с общественно необходимыми результатами освоения (с учетом возможных или планируемых потерь других видов ресурсов). Как отмечает Ю.В. Сухотин [49], это "позволит ответить на главный вопрос — какой уровень затрат по вовлечению конкретных категорий земель в хозяйственное использование является экономически оправданным?"

Таким образом, результирующая экономическая оценка ТЛР является следствием одновременного сопоставления: 1) существующего экономического и экологического фона; 2) геологического (инженерно-геологического) фона с учетом траектории его развития при планируемом освоении; 3) экономических, социальных и экологических результатов развития (или создания) территориальных природно-техногенных систем.

С учетом трех выше указанных оценочных координат разность между регулирующими (замыкающими) и фактическими затратами на освоение каждого типа ТЛР является критерием целесообразности его эксплуатации: чем больше эта разность, тем больше народнохозяйственный эффект от хозяйственного освоения данного участка (и ущерб от его неиспользования).

Вне планируемых экономических и социальных конечных результатов величина фактических затрат освоения представляет не стоимостную оценку, а индивидуальные затраты. Тем не менее вклад затрат, связанных с изучением, подготовкой, освоением и поддержанием ТЛР, в их стоимостную оценку несомненен. Более того,

необходима дифференцированная оценка еще не вовлеченных в хозяйственный оборот ТЛР, которая позволила бы не только определить заранее наиболее эффективные способы их освоения и эксплуатации, но и установить путем альтернативного перебора экономических и социально-экологических результатов их варианты стоимостные оценки при различных типах освоения.

Сравнение прогнозируемого взаимовлияния (при разном освоении) сопредельных гидrolитосферных блоков позволило бы сопоставить альтернативные экономические оценки ТЛР с формированием плана рационального природопользования, при этом последний должен контролировать экономические оценки, определяя предельные техногенные нагрузки на тот или иной тип ТЛР. Следовательно, в конечной экономической оценке территорий приоритет принадлежит дифференциальной ренте II, а не ренте I, поскольку степень интенсификации природопользования определяется в конечном счете продуктивностью объективно возможного техногенеза (при одинаковых плотностях освоения, местоположении и др.).

Здесь необходимо указать на историчность экономических оценок, поскольку технологии освоения, инженерной защиты, предотвращения негативных воздействий по мере роста научно-технического прогресса совершенствуются. Это приводит, в частности, к изменению стратегии по отношению к ущербообразующим геологическим и инженерно-геологическим процессам: от игнорирования и уклонения — к приспособлению и управлению. Поиск новых технологий освоения и защиты ТЛР позволяет повысить предельные техногенные нагрузки, и таким образом, интенсифицировать освоение ТЛР.

Планируемые затраты на региональное использование и охрану ТЛР обеспечивают соблюдение нормативов (показателей) качества ТЛР, обеспечивающих оптимальное состояние материально-технических объектов и компонентов биосферы. В первую очередь — качество народонаселения, а также получение максимального народнохозяйственного экономического эффекта в результате освоения и защиты ТЛР. Степень достижения этих целей оценивается результатами экологических, социальных и экономических природоохранительных мероприятий.

Экологический результат проявляется в ликвидации или снижении негативного воздействия объектов на ТЛР и через них на смежные блоки биосферы, в улучшении качества и увеличении количества ТЛР, а также в улучшении литогенной основы сельскохозяйственных, лесных и водных ресурсов.

Экономический результат заключается в повышении благосостояния населения, эффективности общественного производства и увеличении национального богатства страны путем экономии ТЛР и предотвращения ущербов, проявляющихся при их взаимодействии в структуре ПТС.

Социальный результат выражается в улучшении качества народонаселения (физического развития, сокращения заболеваемости, увеличении продолжительности жизни) и физической среды обитания (селитебной, производственной, рекреационной); в поддержании рав-

новесия экосистем; в сохранении памятников природы, истории и культуры.

Негативная трансформация геологической среды (гидролитосферы, используемой в качестве ТЛР) приводит к фактическим (актуальным) или потенциальным ущербам. Показатели экономического ущерба на исследуемых территориях (или территориях—аналогах) используются при составлении ТКС для: 1) обоснования затрат на инженерную подготовку и защиту территории с *i*-м видом ТЛР; на улучшение качества ТЛР путем мелиорации; на дополнительные мероприятия по устройству фундаментов и оснований; 2) оптимизации функционального зонирования территорий; 3) выделения ущербобразующих экономических, природных и социальных факторов; 4) установления причин ухудшения ТЛР; 5) рационализации размещения сети литомониторинга; 6) верификации инженерно-геологических прогнозов; 7) использования в эколого-экономических экспертизах.

В качестве показателей ущерба используются:

— для населения — работоспособность и ее потеря в результате заболеваемости и травматизма (расходы на лечение, выплаты из фондов соцстраха и социального обеспечения); дополнительные расходы на душу населения; снижение выпуска продукции из-за болезни населения;

— для жилищно-коммунального хозяйства — срок службы основных фондов; периодичность текущего и плано-предупредительного ремонтов; продолжительность простоев оборудования в ремонте; состояние зданий и сооружений; стоимость капитального или частичного ремонта зданий, сооружений и коммуникаций, качественное и количественное состояние городских фитоценозов; показатели потери оборотных фондов; дополнительные затраты на благоустройство территорий;

— для сельскохозяйственных, лесных и рыбохозяйственных угодий — продуктивность угодий, качество продукции сельского и лесного хозяйства; уровень загрязнения угодий; относительное количество сухостойных насаждений; относительная площадь биогеоценозов, подвергшихся негативной техногенной сукцессии; относительная площадь эвтрофированных водохранилищ и участков водоемов; качество и количество видов в гидробиоценозах; уровень заболеваемости растений, животных, рыб;

— для основных и оборотных фондов промышленности — интенсивность физического износа и длительность межремонтных циклов; частота выхода из строя производственного оборудования и показатели интенсивности ремонтных работ; состояние зданий; стоимость капитального или частичного ремонта зданий, сооружений и коммуникаций; состояние дорог и стоимость их ремонта; состояние транспорта; показатели фондоотдачи; показатели норм оборотных фондов;

— для рекреационных ресурсов — показатели качества, потенциальная рекреационная емкость различных компонентов рекреационных ресурсов, степень освоенности и доступности ресурсов для населения; показатели состояния основных фондов;

— для ТЛР — распространенность, статические и динамические

уровни и состав подземных вод, включая первый от поверхности горизонт грунтовых вод и верховодку; характеристики степени измененности рельефа; характеристики степени развития (по площади и интенсивности) геологических и инженерно-геологических процессов; химический состав почв, грунтов и подземных вод; характеристики степени взаимосвязи поверхностных и подземных вод; характеристики искусственных физических полей (электромагнитного, теплового, вибрационного); характеристики состояния сооружений инженерной защиты; уровень текущих затрат на поддержание требуемого состояния систем инженерной защиты.

18. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

Для расчетов экономической эффективности природоохранных мероприятий, связанных с рациональным использованием и охраной геологической среды городов, рекомендуется определить ряд экономических показателей.

Определение R — чистого экономического эффекта средозащитных мероприятий — основывается на сопоставлении затрат на их осуществление Z с достигаемым благодаря этим мероприятиям экономическим результатам P . При этом следует различать фактический и ожидаемый (планово-проектный, прогнозный) чистый экономический эффект.

Экономический результат средозащитных мероприятий для односторонних мероприятий выражается в величине предотвращаемого, благодаря этим мероприятиям, годового экономического ущерба от загрязнения (трансформации) среды Π . Для многоцелевых мероприятий он выражается в сумме величин предотвращаемого годового экономического ущерба и годового прироста дохода (дополнительного дохода) от улучшения производственной деятельности: $P = \Pi + \Delta D$. Величина предотвращенного экономического ущерба от загрязнения (трансформации среды) Π равна разности между расчетными величинами ущерба, который наблюдался до реализации мероприятия U_1 и остаточного ущерба после проведения мероприятия U_2 : $\Pi = U_1 - U_2$.

Более точным в аспекте геологической среды может явиться рекомендуемое нами определение величины предотвращенного экономического ущерба по формуле: $\Pi = U_1 - U_2 - U_{\text{нп}}$, где $U_{\text{нп}}$ — непредвиденный ущерб, сформировавшийся в результате непрогнозированного изменения взаимодействующих факторов или недооценки (недостовой оценки) исходных факторов.

Если величины затрат и результатов в период строительства (реконструкции) и эксплуатации существенно не изменяются, то сравнение вариантов средозащитных мероприятий проводится по величине их чистого экономического эффекта R . Выбор наилучшего мероприятия осуществляется по формуле $R = (P - Z) \rightarrow \max$, при этом Z опреде-

ляется по формуле:

$$З = C_{и} + E_{н} K_{и},$$

где $E_{н}$ — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений средозащитного назначения, принимаемый равным 0,12; $C_{и}$ — годовые эксплуатационные расходы на содержание средозащитных фондов, $K_{и}$ — капитальные вложения в строительство этих фондов.

Показателем общей (абсолютной) экономической эффективности средозащитных затрат является отношение годового объема полного экономического эффекта к сумме вызвавших эффект приведенных затрат $З$ (т.е. эксплуатационных расходов и капитальных вложений, приведенных с помощью $E_{н}$ к одинаковой размерности):

$$\Theta_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Theta_{ij}}{З} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Theta_{ij}}{C_{и} + E_{н} K_{и}},$$

где Θ_{ij} — полный экономический эффект i -го вида ТЛР ($i = 1, 2, 3, \dots n$) от предотвращения (снижения) потерь на j -м объекте ($j = 1, 2, 3, \dots m$), находящемся в зоне улучшенного состояния окружающей среды:

$$\Theta_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Theta_{ij} - C_{и}}{K_{и}}.$$

В качестве дополнительных показателей эффективности средозащитных затрат используются: отношение снижения величины отрицательного воздействия на окружающую среду к вызвавшим его затратам $\Theta_{в} = \Delta B / З$; отношение показателя, характеризующего улучшение состояния окружающей среды региона к вызвавшим его затратам $\Theta_{г} = \Delta \tilde{B} / З$, где $\Delta \tilde{B}$ показатель, характеризующий улучшение состояния окружающей среды в регионе.

Общий эффект интенсификации использования ТЛР может определяться по среднегодовому приросту единицы продукции определенного типа (m^2 жилой площади на га и т.п.):

$$\Theta_{пчп} = (Ч_2 - Ч_1) M,$$

$Ч_1, Ч_2$ — среднегодовой размер количества "вписываемой" в ТЛР продукции до и после проведения средозащитных мероприятий, руб/га, m^2 /га и т.д.; M — площадь воздействия средозащитных мероприятий, га.

19. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТКС ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ГОРОДОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Выступая с докладом на XXVII съезде КПСС, М.С. Горбачев подчеркивал: "Перед нами остро встает задача охраны природы и рационального использования ее ресурсов. Социализм с его плановой организацией производства и гуманистическим мировоззрением способен внести гармонию во взаимоотношения между обществом и природой. У нас уже осуществляется система мер в этом направлении, отпускаются средства, и немалые. Имеются и практические результаты" [31].

Определенные результаты являются следствием внедрения мероприятий, разработанных согласно схемам охраны окружающей среды. Однако объем и направленность природоохранных мероприятий со временем становятся недостаточными. Ряд причин, вызывает необходимость изменения природоохранной стратегии: 1) естественная эволюция геологических и других ПС, приводящая к изменению отношений и функций в более сложных ПТС; 2) дальнейшее развитие экономики и соответствующие ему изменения геологической среды; 3) нарушение равновесия между целями и ресурсами, между общественными потребностями и состоянием окружающей среды, в том числе геологической; 4) совершенствование организационного, правового и технического механизма, позволяющее изменить объем, характер и направленность природоохранных и природовосстановительных мероприятий в более оптимальном плане.

В ходе разработки схем рационального использования и охраны геологической среды составляются групповые многовариантные поисковые и нормативные прогнозы. С помощью этих прогнозов выявляется структура разноуровневных геолого-техногенных систем на расчетный срок прогнозирования; какие факторы будут влиять на структуру и свойства геолого-техногенных систем; какие техногенные изменения возможны под влиянием воздействующих факторов; с помощью каких средств можно достичь планируемых показателей состояния геологической среды и взаимодействующих с нею природных и техногенных объектов.

Достоверность прогнозов ограничивается рядом обстоятельств. В настоящее время и в ближайшем будущем, за исключением отдельных территорий, в стране еще не будет развернута широкая система литомониторинга, позволяющая обеспечить базисный ряд стационарных наблюдений, превышающих прогнозный период по крайней мере на порядок.

На прогнозном отрезке в 20—25 лет ряд геологических и природных факторов, характеризующих разноуровневные геолого-техногенные системы, изменяется медленно (мезорельеф, мощность отложений, не подвергающихся вертикальной планировке и др.). Другие факторы могут изменяться быстро (уровни подземных вод, интенсивность экзогенных геологических процессов и др.). Поэтому при прогнозировании изменений геологической среды необходимо выделить более или менее устойчивые факторы и установить значимость прог-

нозирования, вариации их значений. Однако достоверность выделения менее консервативных факторов может быть снижена из-за отсутствия или недостаточности данных наблюдений или надежных аналогов. Достоверность прогнозов может снижаться также из-за непредвиденных при составлении ТКС изменений в размещении источников воздействия, технологий и т.п.

Для определения необходимости совершенствования ТКС в процессе и после ее реализации следует осуществлять перманентную верификацию прогнозов. Верификация прогнозов должна производиться путем экологической экспертизы на стационарах, на тестовых ключевых участках, а также в зонах наиболее значимых источников техногенных изменений геологической среды. Экологическая экспертиза в наиболее доступном варианте может быть выполнена с помощью экспертных оценок, основанных на оценке тенденций в развитии хозяйства и изменений в геологической среде, которые произошли за рассматриваемый период.

Корректировка ТКС предполагает не изменение стратегии управления, а исправление отдельных нежелательных тенденций развития геолого-техногенных систем. Тенденции развития геолого-техногенных систем должны постоянно оцениваться с помощью экологических экспертиз, наблюдений и контроля за состоянием окружающей, в том числе геологической, среды системы информационной (компонентной) и технико-экономической (интегральной) обработки и анализа данных мониторинга.

Представляется, что наиболее целесообразным явится использование корректировочных предложений в рамках корректировки генпланов городов и промузлов, а также, в необходимых случаях, требований к пересмотру технической документации по проектированию и строительству (капитальному ремонту, переоборудованию) сооружений для водоснабжения, канализации, очистки и обезвреживания сточных вод отдельных промышленных сооружений и др. Капитальные вложения в строительство дополнительных сооружений природоохранного назначения, которые могут быть предусмотрены в корректировочных предложениях ТКС, должны выделяться в годовых и перспективных планах отдельной строкой в соответствии с дополнительным титульным списком. Наблюдение за эффективностью реализации ТКС, предложения по ее корректировке должны поручаться проектной (научной) организации, которая разрабатывала ТКС, в рамках авторского надзора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монография является одной из работ в области геологии окружающей среды — нового направления в цикле геологических наук. Геология окружающей среды, по-своему, междисциплинарная наука геологического цикла, базирующаяся на знании тектоники, петрографии, литологии, геохимии, геоморфологии, инженерной геологии и гидрогеологии. В то же время геология окружающей среды пересекается с экономикой и экологией, что позволяет выделить геоэкономическое и геоэкологическое направления, исследующие влияние взаимодействия социотехносферы и геологической среды в широком спектре общественных сфер. Теоретическое и методическое обоснование схем рационального использования и охраны окружающей среды в геологическом аспекте — важная задача геологии окружающей среды. Используя принципы и методы многих наук геологического цикла, геология окружающей среды интегрирует их с новым качеством. В итоге сумма принципов и методов неаддитивна — она больше, чем исходное задание. Это позволяет разработать комплексный и взаимодополняющий механизм информационного обеспечения схем, выявить приоритетные территории, нуждающиеся в первоочередной реализации природоохранных мероприятий, состыковать меры по рациональному использованию и охране геологической среды с мероприятиями, планируемыми в смежных блоках биосферы.

Сложность теоретического и методического обоснования схем обеспечивается целым рядом обстоятельств. Важнейшим из них является новизна геологии окружающей среды как научного направления. Основные парадигмы этого направления еще нуждаются в обсуждении и уточнении. Недостаточно развиты и основные компоненты информационного обеспечения схем, в первую очередь, инженерно-геологическое картографическое обоснование и литомониторинг. Следовательно, практика использования информационного инженерно-геологического обеспечения остается сравнительно узкой. Это, в свою очередь, не может дать необходимых данных для широких теоретических и методологических выводов. Место схем в цепочке последовательного территориального планирования и проектирования четко не закреплено в соответствующих нормативных документах. Поэтому остаются пока неясными вопросы увязки схем с генпланами, порядок обновления схем и др.

Тем не менее схемы реально вторглись в жизнь. Обеспечение их информацией, разработка и внедрение не только позволили улучшить территориальные проекты. Идеология схем способствовала становлению идеологии перестройки — повороту от отраслевого мышления к территориальному, от частного — к комплексному, от административного — к эколого-экономическому. Совершенствованию идеологии схем в геологическом аспекте посвящена и настоящая монография, которая как надеются авторы, будет использована как обоснование для регионально дифференцированных рекомендаций и правил по рациональному использованию и охране геологической среды городов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акпарисова Г.В. Картирование антропогенных изменений геологической среды города // Инженерная геология Западного Урала: Тез. докл. науч.-техн. совещ. Пермь. ун-т, 1982. С. 6—8.

2. Арманд Д.Л. Балльные шкалы в географии // Изв. АН СССР. 1973. № 2. С. 111—123.

3. Багиров Г.У. К вопросу инженерно-геологического районирования территории г. Баку // Вопросы инженерно-геологического картирования и районирования: Материалы IV регион. совещ. по инж. геологии. Л.: Геогр. о-во, 1968. С. 111—113.

4. Барашкевич И.Л., Соловьева В.И. Тяжелые металлы в отходах гальванического производства // Исследование окружающей среды геохимическими методами. М.: ИМГРЭ, 1982. С. 86—94.

5. Бертокс П., Радд Д. Стратегия защиты окружающей среды. М.: Мир, 1980, 606 с.

6. Блехцин И.Я. Эколого-экономические аспекты предплановых исследований. Л.: Наука, 1984. 112 с.

7. Бондарик Г.К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. М.: Недра, 1971. 272 с.

8. Бондарик Г.К., Купцов А.Г., Романова Е.И. Прогноз инженерно-геологических условий территории города и моделей полей геологических параметров // Моделирование в гидрогеологии и инженерной геологии. Новочеркасск: Политехн. ин-т, 1983. С. 107—111.

9. Бондарик Г.К., Пендин В.В. Методика количественной оценки инженерно-геологических условий и специального инженерно-геологического районирования // Инж. геология. 1982. № 4. С. 82—89.

10. Борсук О.А., Симонов Ю.Г. Морфосистемы, их устройство и функционирование // Вопросы географии. М.: Мысль, 1977. Вып. 107. С. 170—178.

11. Ботвинников В.И. Некоторые вопросы количественной (стоимостной) оценки территориальных комплексов естественных ресурсов // Изв. АН СССР. 1966. № 6. С. 87—92.

12. Воронин Ю.А. Теория классифицирования и ее приложения. Новосибирск: Наука, 1985, 231 с.

13. Вчерашний М.А. Методика инженерно-геологического картирования окрестностей г. Мурманска // Вопросы инженерно-геологического картирования и районирования: Материалы IV регион. совещ. по инж. геологии. М.: Геогр. о-во, 1968. С. 114—115.

14. Голодковская Г.А. Инженерно-геологические карты как основа прогноза изменения геологической среды // Методы типизации и картирования геологической среды городских агломераций для решения задач планирования инженерно-хозяйственной деятельности. М.: МосЦТИСИЗ, 1981, С. 50—54.

15. Голодковская Г.А., Лебедева Н.И. Инженерно-геологическое районирование территории Москвы // Инж. геология. 1984. № 3. С. 87—102.

16. Города и система расселения. Достижения и перспективы. М.: Междунар. центр научн. и техн. информ., 1981. Вып. 18., № 3. С. 138.

17. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. Л.: Химия, 1979. С. 161.

18. Дмитриевский А.Н. Системный подход в геологии: итоги, задачи, перспективы // Тез. докл. II Всесоюз. конф. Системный подход в геологии. М.: МИНГ им. И.М. Губкина, 1986. Ч. 4.1. С. 3—5.

19. Дыскин Б.М. Методические особенности разработки комплексных схем охраны природы различных территориальных рангов // Методы создания территориальных комплексных схем охраны природы: Материалы Всесоюз. совещ. М.: Ин-т географии АН СССР, 1982. С. 39—40.

20. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Математико-картографическое моделирование в географии. М.: Мысль, 1980. 224 с.

21. *Заварзин Г.А.* Бактерии и состав атмосферы. М.: Наука, 1984. 192 с.
22. *Звоицкова Т.Б.* Прикладная геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1970. 272 с.
23. *Звягинцев Д.Г., Кожевин П.А., Малахов В.В.* Экологические проблемы в почвенной микробиологии // Журн. общ. биологии. 1976. Т. 37, № 5. С. 691—706.
24. *Зианциров Р.С., Кутерин В.Н.* Закономерности и прогноз изменения прочности водонасыщенных грунтов при вибрации // Инж. геология. 1984. № 3. С. 36—48.
25. *Злобина В.Л.* Влияние эксплуатации подземных вод на развитие карстово-суффозионных процессов. М.: Наука, 1986. 133 с.
26. *Канцеговская И.В., Рунова Т.Г.* Вопросы методики измерения и картографирования хозяйственной освоенности территории СССР // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1973. № 5. С. 66—72.
27. *Кожевин П.А., Кочкина Г.А., Кириллова Н.П.* и др. Загрязнение почв дрожжами // Почвоведение. 1982. № 11. С. 67—71.
28. *Колотов Б.А., Крайнов С.Р., Рубейкин В.З.* и др. Основы гидрогеохимических поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983. 400 с.
29. *Котлов Ф.В.* Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978. 263 с.
30. *Красников Н.Д.* Динамические свойства грунтов и методы их определения. Л.: Стройиздат, 1970. 240 с.
31. Материалы XXVII съезда Коммунистической партии Советского Союза. М.: Политиздат, 1986. 352 с.
32. Методические рекомендации по составлению территориальных комплексных схем охраны природы области / Сост. В.И. Смирнов и др. М.: ЛенНИИПГрадостроительства, 1986. 111 с.
33. Общая методика составления территориальных комплексных схем охраны окружающей среды городов. М.: ЦНИИПГрадостроительства, 1986. 118 с.
34. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
35. *Попков Ю.С., Посохин М.В., Гутнов А.Э., Шмульян Б.Л.* Системный анализ и проблемы развития городов. М.: Наука, 1983. 512 с.
36. *Приваловская Г.А., Рунова Т.Г.* Территориальная организация промышленных и природных ресурсов СССР. М.: Наука, 1980. 253 с.
37. *Ревич Б.А., Сает Ю.Е.* Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 111 с.
38. *Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В.* Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М.: Наука, 1982. 144 с.
39. *Савинов О.А.* Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет. Л.; М.: Стройиздат, 1964. 346 с.
40. *Сает Ю.Е.* Геохимическая оценка техногенной нагрузки на окружающую среду // Геохимия ландшафтов и география почв. М.: Изд-во МГУ, 1982. С. 84—100.
41. *Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Смирнова Р.С.* и др. Город как техногенный субрегион биосферы // Биохимическое районирование и геохимическая экология. М.: Наука, 1985. С. 133—166. (Тр. биогеохим. лаб.; Т. 20).
42. *Сахаев В.Г., Щербицкий Б.В.* Справочник по охране окружающей среды. Киев: Будивельник, 1986. 148 с.
43. *Сергеев Е.М.* Рациональное использование геологической среды // Природа. 1977. № 1.
44. *Сергеев Е.М.* Инженерная геология — наука о геологической среде // Инж. геология. 1979. № 1. С. 3—19.
45. Синтетические карты населения и экономики / Под ред. К.А. Салищева, Ю.Г. Саушкина. М.: Изд-во МГУ, 1972. 151 с.
46. *Сорокина Е.П., Ревич Б.А., Сает Ю.Е., Смирнова Р.С.* Геохимические исследования для целей экологической оценки урбанизированных территорий. Информ. материал. М.: 1984. Ч. 2. С. 36—59.
47. *Смирнова Р.С., Павлова Л.Н.* Геохимические карты в оценке окружающей среды городов // Исследование окружающей среды геохимическими методами. М.: ИМГРЭ, 1982. С. 38—43.
48. *Станкеев В.М., Страментов А.Е.* Вертикальная планировка городских территорий. М.; Л.: М-во коммунал. хоз-ва РСФСР, 1947. 78 с.
49. *Сухотин Ю.В.* Об оценках природных ресурсов // Вопр. экономики. 1967. № 12. С. 87—98.

50. *Фомченков В.М., Брезгунов В.Н., Смолянинов В.В.* и др. Воздействие неоднородного электрического поля на бактериальные суспензии // *Электрон. обраб. материалов.* 1982. № 6. С. 68—73.
51. *Черногаева Г.М.* Гидрологическая роль урбанизации (на примере г. Москвы) // *Вопр. географии.* 1976. Вып. 102, № 14 С. 179.
52. *Шевченко С.Р.* Инженерно-геологическое районирование территории Ленинграда и его окрестностей: Материалы IV регион. совещ. по инж. геологии // *Вопросы инженерно-геологического картирования и районирования.* Л.: Геогр. о-во, 1968. С. 106—111.
53. *Щедровицкий Г.П.* Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок // *Системные исследования. Методологические проблемы.* М.: Наука, 1981. С. 193—227.
54. *Apel W.A., Dugan P.R., Eilppi T.A., Rheins M.S.* Detection of *Thiobacillus ferrooxidans* in acid mine environment by direct fluorescent antibody staining // *Appl. Environ. Microbiol.* 1976. Vol. 32, N 1. P. 159—165.
55. *Blume H.P., Bornkamm R., Sukopp H.* Vegetationsschäden und Bodenveränderungen in der Umgebung einer Mülldeponi // *Ztschr. Kulturtech. und Flurberein.* 1979. Bd. 20, N 2. S. 65—75.
56. *De Koning H.W., Kretzschmar J.O., Akland G.G., Bennet B.G.* Air pollution in different cities around the world // *Atmos. Environ.* 1986. Vol. 20, N 1. P. 101—113.
57. *Foxall-Vanaken S., Brown J., Young W.* et al. Common components of industrial metal-working fluids as sources of carbon for bacterial growth // *Appl. Environ. Microbiol.* 1986. Vol. 51, N 6. P. 1165—1169.
58. *Ham R.K.* Composting and landfilling — influence on ground and surface water // *AVFALL 76.* Jönköping, 1976. P. 96—126.
59. *Matthes G., Pekdeger A.* Concepts of a survival and transport model of pathogenic bacteria and viruses in groundwater // *Sci. Total Environ.* 1981. Vol. 21. P. 145—155.
60. *Rogovskaya N.V., Koževina L.S., Koff G.L., Zeegofer Yu.O.* Microbiological investigations for the control of groundwater composition in agricultural areas // *Memoires XVI Intern. Congr. Hydrog.* Prague, 1982. Vol. 16, pt 2. P. 349—356.
61. *Schulze B., Ullmann R., Kirsch H.* Zur Problematik der Belastung der Luft mit Schwefelwasserstoff durch Ausgasung aus Flüssen // *Ztschr. gesamte Hyg.* 1979. Bd. 25, N 3. S. 219—221.
62. *Thomas V.J.* Evaluating pollution control. The Case of San Paulo, Brazil // *Develop. Econ.* 1985. Vol. 19, N 1/2. P. 133—146.
63. *Xattori T.* Kinetics of colony formation of bacteria: An approach to the basis of the Plate Count Method // *Rep. Inst. Agr. Res. Tohoku Univ.* 1985. Vol. 34. P. 1—36.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I	
Геологическая среда городов, проблемы ее рационального использования и охраны	4
1. Геологическая среда как часть окружающей среды	4
2. Системный подход при изучении геологической среды городов	5
3. Геоэкологические и геоэкономические проблемы рационального использования и охраны геологической среды городов	6
Глава II	
Территориальная комплексная схема (ТКС) охраны окружающей среды города ...	8
4. Основные задачи и научная концепция ТКС охраны природы городов	8
5. Место ТКС охраны природы в системе проектирования городов	10
6. Взаимосвязь разноуровневых ТКС охраны природы в системе проектирования территориально-производственных комплексов, районной планировки городов и их структурно-функциональных зон	12
Глава III	
Оценка техногенного воздействия на геологическую среду городов	16
7. Источники техногенного воздействия	16
8. Виды техногенного воздействия	18
9. Оценка инженерно-хозяйственной освоенности территорий городов	24
Глава IV	
Методика оценки техногенных изменений геологической среды городов	27
10. Изменение геологической среды городов в результате техногенного воздействия	27
11. Основные принципы и способы оценки изменения геологической среды городов	42
12. Понятие об экономическом, социальном и экологическом ущербах как негативных последствиях техногенных изменений геологической среды городов	62
Глава V	
Информационное обеспечение ТКС охраны природы городов	65
13. Основные положения и задачи информационного обеспечения	65
14. Требования к информационному обеспечению ТКС охраны природы городов	66
15. Литомониторинг как средство информационного обеспечения и обоснования ТКС охраны природы городов	69
Глава VI	
Методические принципы составления ТКС охраны природы городов	71
16. Методика выявления проблемных ситуаций и приоритетных проблем взаимодействия	71
17. Особенности методики технико-экономического обоснования мероприятий по рациональному использованию и охране геологической среды городов ...	73
18. Оценка эффективности мероприятий по рациональному использованию и охране геологической среды городов	82
19. Совершенствование ТКС охраны природы городов в процессе их реализации	84
Заключение	86
Литература	88

CONTENTS

Introduction	3
Chapter I	
Geological environment of cities and problems of its rational use and protection	4
1. Geological environment as part of natural environment	4
2. Systems approach to the study of geological environment of cities	5
3. Geocological and geoeconomical problems of the rational use and protection of geological environment of cities	6
Chapter II	
Territorial complex schemes of environmental protection of cities	8
4. Basic tasks and scientific conception of environmental protection schemes of cities	8
5. Role of the environmental protection schemes in urban planning	10
6. Interrelation of the different-level territorial complex environmental protection schemes in the system of planning of territorial production complexes, lay-out and structural-functional zones of cities	12
Chapter III	
Evaluation of the technogeneous impact on geological environment of cities	16
7. Sources of technogeneous impact	16
8. Types of technogeneous impact	18
9. Estimate of the engineering economic development of urban areas	24
Chapter IV	
Methods for estimating technogeneous changes in geological environment of cities	27
10. Changes in the geological environment of cities as a result of technogeneous impact	27
11. Basic principles and ways of estimating changes in geological environment of cities	42
12. Notion of the economic, social and ecological damages as negative consequences of technogeneous changes in geological environment of cities	62
Chapter V	
Informational provision of environmental protection schemes of cities	65
13. Basic concepts and tasks of informational provision	65
14. Requirements for the informational provision of environmental protection schemes of cities	66
15. Lithomonitoring as means of the informational provision and substantiation of environmental protection schemes of cities	69
Chapter VI	
Methodic principles for elaborating environmental protection schemes of cities	71
16. Methods for revealing problem situations and priority problems of interaction	71
17. Specifics of the procedure of technical economic substantiation of measures for rational use and protection of geological environment of cities	73
18. Estimate of the efficiency of measures for rational use and protection of geological environment of cities	82
19. Improvement of territorial complex schemes of environmental protection of cities in the process of their realization	84
Conclusion	86
References	88

Научное издание

**РАЦИОНАЛЬНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
И ОХРАНА
ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ ГОРОДОВ**

*Утверждено к печати
Институтом литосферы АН СССР*

Редактор *Н.С. Гуляева*

Художник *С.А. Резников*

Художественный редактор *Н.Н. Михайлова*

Технический редактор *О.В. Ардова*

Корректор *З.Д. Алексеева*

Набор выполнен в издательстве
на электронной фотонаборной системе

ИБ №39972

Подписано к печати 15.05.89. Т—10 323
Формат 60×90 1/16. Бумага офсетная №1
Гарнитура Таймс. Печать офсетная
Усл.печ.л. 6,0. Усл.кр.-отт. 6,3. Уч.-изд.л. 6,7
Тираж 2300 экз. Тип.зак. 1460. Цена 1р. 30к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство "Наука" 117864 ГСП-7,
Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90

Ордена Трудового Красного Знамени
1-я типография издательства "Наука"
199034, Ленинград В-34, 9-я линия, 12

ИЗДАТЕЛЬСТВО "НАУКА"

План выпуска литературы на 1990 год I полугодие

Готовятся к выпуску книги:

Методические основы оценки техногенных изменений геологической среды городов

20 л., ориентировочная цена 3 р. 90 коп.

В результате техногенных процессов изменения геологической среды проводят к неблагоприятным последствиям в производственно-общественной деятельности: разрушению сооружений, оборудования, коммуникаций, ухудшению среды обитания и т.п. Предвидение этого ущерба необходимо для выбора оптимальных вариантов технологии и размещения строительства, а также обоснования предупредительных и защитных мер. Предлагаемые методические основы могут быть использованы при инженерно-геологических изысканиях, проектировании и строительстве, а также эксплуатации различных объектов.

Для специалистов по инженерной геологии и охране окружающей среды.

Решение гидрогеохимических задач с применением математических методов

10 л., ориентировочная цена 2 р.

В сборнике статей содержатся новейшие материалы по актуальным проблемам решения гидрогеохимических задач теоритической и прикладной (водохозяйственной, мелиоративной, поисковой и др.) направленности с применением математических методов. Представлены математические методы массопереноса, термодинамических равновесий, статистики.

Для гидрогеологов, геохимиков, геологов, географов.

Ресурсы подземных вод Западной Сибири
15 л., ориентировочная цена 3 р.

В монографии рассматриваются основные закономерности формирования подземных вод. Оцениваются эксплуатационные ресурсы питьевых подземных вод и намечаются пути перспективного водопотребления. Большое внимание уделено охране подземных вод, рассмотрены и виды загрязнения, природная защищенность, зоны санитарной охраны водохранилищ и водозаборов подземных вод, даны рекомендации по их защите.

Для гидрогеологов, геологов, гидрологов, инженеров-мелиораторов.

Хрусталева Л.Н., Никифоров В.В.
Стабилизация вечномерзлых грунтов в основании зданий
16 л., ориентировочная цена 3 р. 20 к.

В монографии излагается новый способ фундаментостроения на вечномерзлых грунтах несливающегося типа. Дается теоретическое и экспериментальное обоснование способа. Приводятся рекомендации по расчету и проектированию оснований и фундаментов. Описывается опыт практического использования способа в Воркутинском промышленном районе.

Для научных сотрудников и инженеров, интересующихся вопросами строительства в области распространения вечномерзлых грунтов.

АДРЕСА КНИГОТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ "АКАДЕМКНИГА" С УКАЗАНИЕМ МАГАЗИНОВ И ОТДЕЛОВ "КНИГА-ПОЧТОЙ"

Магазины "Книга-почтой":

252107 Киев, ул. Татарская, 6; 197345 Ленинград, ул. Петрозаводская, 7;
117393 Москва, ул. Академика Пилюгина, 14, корп. 2.

Магазины "Академкнига" с указанием отделов "Книга-почтой".

480091 Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97 "Книга-почтой"; 370001 Баку, ул. Коммунистическая, 51 "Книга-почтой"; 232600 Вильнюс, ул. Университето, 4 "Книга-почтой"; 690088 Владивосток, Океанский пр-т, 140 "Книга-почтой"; 320093 Днепропетровск, пр-т Гагарина, 24 "Книга-почтой"; 734001 Душанбе, пр-т Ленина, 95 "Книга-почтой"; 375002 Ереван, ул. Туманяна, 31; 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 289 "Книга-почтой"; 420043 Казань, ул. Достоевского, 53 "Книга-почтой"; 252030 Киев, ул. Ленина, 42; 252142 Киев, пр-т Вернадского, 79; 252025 Киев, ул. Осипенко, 17; 277012 Кишинев, пр-т Ленина, 148 "Книга-почтой"; 343900 Краматорск Донецкой обл., ул. Марата, 1 "Книга-почтой"; 660049 Красноярск, пр-т Мира, 84; 443002 Куйбышев, пр-т Ленина, 2 "Книга-почтой"; 191104 Ленинград, Литейный пр-т, 57; Ленинград, Таможенный пер. 2; 194064 Ленинград, Тихорецкий пр-т, 4; 220012 Минск, Ленинский пр-т, 72 "Книга-почтой"; 103009 Москва, ул. Горького, 19-а; 117312 Москва, ул. Вавилова, 55/7; 630090 Новосибирск, Морской пр-т, 22 "Книга-почтой"; 630076 Новосибирск, Красный пр-т, 51 142284 Протвино Московской обл., ул. Победы, 8; 142292 Пушкино Московской обл., ул. МР "В", 1 "Книга-почтой"; 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137 "Книга-почтой"; 700000 Ташкент, ул. Ю.Фучика, 1; 700029 Ташкент, ул. Ленина, 73; 700070 Ташкент, ул. Ш.Руставели, 43; 700185 Ташкент, ул. Дружбы народов, 6 "Книга-почтой"; 634050 Томск, наб. реки Ушайки, 18; 450059 Уфа, ул. Р.Зорге, 10 "Книга-почтой"; 450025 Уфа, ул. Коммунистическая, 49; 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42 "Книга-почтой"; 310078 Харьков, ул. Чернышевского, 87 "Книга-почтой"

1 р. 30 к.

5140