



Е.Ю. Куликова

# ПОДЗЕМНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ МЕГАПОЛИСОВ

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по основным образовательным программам магистров 550605 «Строительство шахт и подземных сооружений» и 550611 «Сооружение подземного пространства городов» направления подготовки магистров 550600 «Горное дело»*

МОСКВА  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
2005

УДК 622:502.7

ББК 26.325:33.2

К 90

*Федеральная целевая программа «Культура России», подпрограмма «Поддержка полиграфии и книгоиздания России»*

*Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-147/6 от 16.12.2004 г.)*

*Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.*

#### **Рецензенты:**

- д-р техн. наук, проф., действительный член АГН *И.Ю.Шищиц* (ФГУП ВНИПИпромтехнологии Минатома России),
- д-р техн. наук, проф., действительный член РАЕН *А.Т. Айруни* (Институт проблем комплексного освоения недр РАН)

#### **Куликова Е.Ю.**

К 90 Подземная геоэкология мегаполисов. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2005. — 480 с.: ил.

ISBN 5-7418-0351-2 (в пер.)

Рассмотрены основные моменты формирования городской среды, неблагоприятные последствия градостроительства, функционирования искусственной экосистемы городов-мегаполисов, а также преимущества подземного строительства по сравнению с наземным. Изложены экологические аспекты освоения подземного пространства крупных городов.

Для специалистов проектных и научно-исследовательских институтов. Для студентов вузов, обучающихся по основным образовательным программам магистров «Строительство шахт и подземных сооружений» и «Сооружение подземного пространства городов» направления подготовки магистров «Горное дело».

#### **Kulickova E. Yu.**

**Underground geocology of the big cities.** — М.: Publishing House of Moscow State Mining University, 2005. — 408 p.: il.

Main aspects of urban environment formation, unfavorable consequences of town-planning and big cities' artificial ecological system functioning, advantages of underground construction as compared with civil engineering, ecological aspects of underground space development in the big cities and potential ecological hazard of working underground structures and being built ones are considered.

For planning and research institutes' scientific staff. For students studying by basic educational Master's programs «Construction of Mines and Underground Structures» and «Construction of Underground Space in the Big Cities» under direction «Mining» for holders of master's degree.

УДК 622:502.7

ББК 26.325:33.2

ISBN 5-7418-0351-2

© Е.Ю. Куликова, 2005

© Издательство МГТУ, 2005

© Дизайн книги.

Издательство МГТУ, 2005

## ВВЕДЕНИЕ

Говоря о городах, следует изменить традиционное понятие «экосистема». К привычному представлению о составляющих компонентах экосистемы (вода, воздух, растительный мир) добавляются такие атрибуты человеческой цивилизации, как транспорт, связь, водоснабжение, канализация, уборка и утилизация мусора, санитария и гигиена, здравоохранение, просвещение, образование и т. п. Эти добавочные атрибуты цивилизации, с одной стороны, позволяют регулировать и контролировать состояние окружающей среды городов, а с другой — создавать дополнительные нагрузки на города. Особенно ярко это проявляется в городах-мегаполисах. Все известные на Земле города-мегаполисы как экологические системы находятся либо в условиях кризиса, либо приближаются к нему. Некоторые из них балансируют на грани выживания.

Города, как никакие другие агломерации, содержат в себе механизм уничтожения человека, и в этом «залог» их гибели. «Узлами» механизма являются экологические беды, демографический рост с его бедностью, эпидемиями, наркоманией, алкоголизмом. Еще одной важной деталью этого механизма является экономическая и социальная нестабильность. Гипертрофированное производство и военно-промышленный комплекс с его приоритетностью, города металлургов, химиков, «танкограды», «атомграды», отчуждение населения от среды его обитания — вот те бомбы замедленного действия, которые постоянно угрожают горожанам. Для всех городов-мегаполисов характерны переконцентрация материальных и людских ресурсов, разрушающее «давление» населения на систему землепользования города, окружающую среду, медицинские и санитарно-гигиенические институты. Вызывают тревогу вопросы, связанные с отказами в

работе систем безопасности: электротранспорта, водообеспечения и канализации.

Городские проблемы находятся в сложном переплетении с определенными тенденциями, не поддающимися пока удовлетворительному разрешению и делающими трудноразрешимыми сами проблемы. Например, в г. Москве к этим тенденциям в первую очередь относятся:

- рост в 1,5 — 2 раза численности населения в ближайшие 8 — 10 лет;

- медленный и недостойный по уровню доходов рост занятости в связи со спадом производства и естественным увеличением населения, его миграцией из других регионов страны и сельской местности;

- рост числа жителей, занятых малооплачиваемым трудом на предприятиях всех форм собственности;

- ухудшение криминогенной обстановки за счет прибывающих в Москву мигрантов и эмигрантов-уголовников;

- недостаток жилой площади для расселения прибывающего в город населения и его естественного роста.

Чтобы уберечь город от коллапса, необходимо развернуть в городах-мегаполисах и других больших городах программы исследований градостроителей и экологов-профессионалов по единым принятым в мире нормам. Эти нормы и модель экологической системы города были рассмотрены на II конференции ООН по населенным пунктам (Habitat-II) в июне 1996 г. Основные положения модели могут быть сформулированы следующим образом:

- 1) использование системного подхода к городской среде;

- 2) исследование городских проблем и их решение при учете международных, общегосударственных и региональных условий;

- 3) учет взаимосвязи между крупным городом и окружающими его сельскими районами, городами районного значения, городами-спутниками, другими населенными пунктами по ие-

рархии, общегосударственным и законодательным институтами и международной экономической и политической системами;

4) акцент на разработку проектов экоразвития самых больших городов в регионе;

5) акцент на развитие и взаимодействие инфраструктуры;

6) муниципальное регулирование притока населения до момента, пока город не будет готов к размещению, обслуживанию мигрантов и обеспечению их занятости.

Модель экологической системы города, которую следует стремиться воссоздать в разрабатываемых проектах, напоминает строение атома. В центре — ядро — крупный город. В нем сосредоточена вся энергия проблем. Вокруг ядра — оболочки-«электроны»: сельские районы, города-спутники, менее крупные районные города, деревни и села. При большом потенциале конфликтов и проблем энергия экосистемы города выплескивается в виде взрыва — рушится всё: и город, и среда.

Необходимо полное изучение воздействия процессов урбанизации на окружающую среду и исследование города как особой экологической системы — урбосистемы. Это относится и к системе взаимодействия внутренних компонентов модели экологической системы города. Одним из таких компонентов является подземное пространство города, интерес к использованию которого в настоящее время значительно возрос. Всем этим проблемам и путям их разрешения и посвящена данная книга.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
<b>Глава 1</b>	
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА КРУПНЫХ ГОРОДОВ .....</b>	<b>11</b>
1.1. Особенности формирования и функционирования городской среды .....	13
1.2. Архитектура и экология современных городов-мегаполисов .....	25
1.3. Экологические аспекты формирования, функционирования и защиты окружающей среды крупных городов .....	36
1.4. Освоение подземного пространства крупных городов — стратегия современного градостроительства и экологическая необходимость рационального использования территорий .....	50
1.5. Экологическая безопасность городского подземного строительства .....	56
<b>Глава 2</b>	
<b>ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДОВ-МЕГАПОЛИСОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....</b>	<b>67</b>
2.1. Основные типы подземных сооружений и предъявляемые к ним требования .....	69
2.2. Источники, виды и характер воздействия подземных сооружений на вмещающий массив и окружающую среду .....	78
2.3. Экологическая надежность городских подземных сооружений .....	86
2.4. Потенциальная экологическая опасность действующих городских подземных сооружений .....	92
2.5. Процессы трещинообразования в породном массиве под влиянием подземного строительства .....	106
2.6. Техногенная активизация природных процессов: оползни, обрушение пород, техногенные землетрясения, карстообразование.....	118
2.7. Характер проявления техногенных процессов при строительстве и эксплуатации подземных сооружений .....	136
2.7.1. Загрязнение поверхностных и подземных вод.....	137
2.7.2. Изменение структуры и состава грунтов.....	151
2.7.3. Загрязнение атмосферы.....	157
2.7.4. Шумовое и вибрационное воздействие .....	165

2.7.5. Динамическое воздействие подземного транспорта .....	175
2.7.6. Электрическое и электромагнитное поля .....	183
2.7.7. Токсическое воздействие средств химического укрепления грунтов и материалов гидроизоляции .....	195
2.8. Нарушения земной поверхности и почв .....	206
2.8.1. Нарушения земной поверхности при подготовительных работах .....	206
2.8.2. Нарушения земной поверхности при подземном строительстве .....	213
2.8.3. Нарушения земной поверхности при строительстве открытыми способами .....	216
2.8.4. Совместное влияние инженерно-строительной и горно-технической деятельности в городском подземном строительстве .....	219
2.9. Стратегия снижения и предотвращения экологической опасности при подземном строительстве .....	222

### **Глава 3**

<b>ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ В СИСТЕМЕ «ПОДЗЕМНОЕ СООРУЖЕНИЕ — ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА — ТЕХНОЛОГИЯ» .....</b>	<b>233</b>
---	------------

3.1. Классификация деформационных процессов и их влияние на надежность и долговечность конструкций подземных сооружений .....	238
3.2. Влияние фильтрационных деформаций и характера их проявления на экологическую надежность .....	244
3.2.1. Фильтрационные деформации связных пород .....	248
3.2.2. Фильтрационные деформации пластичных пород .....	252
3.2.3. Фильтрационные деформации несвязных пород .....	253
3.2.4. Прорывы воды в подземное сооружение .....	255
3.2.5. Фильтрационные деформации и теплообмен в системе «подземное сооружение — породный массив» .....	265
3.3. Обрушение породы .....	269
3.4. Загазованность воздуха, пожары, взрывы .....	274
3.5. Воздействие геотектонических процессов на состояние подземных сооружений .....	278
3.6. Коррозионное разрушение обделок подземных сооружений города .....	284
3.6.1. Коррозионное разрушение бетона и железобетона .....	285

3.6.2. Коррозионное разрушение металлических частей несущих конструкций.....289

3.6.3. Биологическая коррозия — скрытый фактор разрушения конструкций подземных сооружений .....290

3.7. Экологическая опасность аварийных ситуаций.....302

**Глава 4**

**ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ГОРОДСКОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....307**

4.1. Основные понятия и принципы инженерной защиты окружающей среды .....309

4.2. Санитарно-защитные зоны и экологическое картографирование как аспекты обеспечения экологической безопасности городов .....317

4.3. Методы инженерной защиты городской воздушной среды от загрязнения.....327

4.3.1. Прогноз загрязнения атмосферного воздуха как мера инженерной защиты окружающей городской среды.....327

4.3.2. Мероприятия инженерной защиты атмосферы от пыли и аэрозолей .....331

4.3.3. Мероприятия инженерной защиты атмосферы от газов .....339

4.3.4. Основные принципы выбора мероприятия инженерной защиты атмосферы .....343

4.4. Инженерная защита окружающей среды от шумового и вибрационного воздействия .....348

4.5. Вопросы обеспечения эксплуатационной надежности зданий при прокладке подземных тоннелей в условиях существующей застройки.....361

4.6. Инженерные способы защиты городских водоемов и подземных вод от загрязнения .....365

4.6.1. Методы очистки сточных вод.....374

4.6.2. Методы борьбы с загрязнением воды.....379

4.6.3. Закачка сточных вод в глубинные горизонты .....384

4.6.4. Методы инженерной защиты грунтовых вод.....389

4.6.5. Мероприятия инженерной защиты от прорывов водных масс в подземные сооружения .....402

4.6.6. Регулирование допустимых напоров воды в водоносных горизонтах с целью предотвращения внезапных прорывов водных масс в подземные сооружения.....412

4.6.7. Техническая мелиорация как средство инженерной защиты подземных сооружений от подземных вод.....425

4.7. Восстановление земной поверхности, нарушенной горно- строительными работами .....	429
4.8. Прогнозирование геомеханических явлений и методы инженерной защиты территорий .....	435
4.9. Ремонт, реконструкция и восстановление городских под- земных сооружений .....	452
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>465</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>468</b>