



МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**РЕДАКЦИОННЫЙ
С О В Е Т**

Председатель
Л.А. ПУЧКОВ

Зам. председателя
Л.Х. ГИТИС

Члены редсовета
И.В. ДЕМЕНТЬЕВ

А.П. ДМИТРИЕВ

Б.А. КАРТОЗИЯ

М.В. КУРЛЕНЯ

В.И. ОСИПОВ

Э.М. СОКОЛОВ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

В.В. ХРОНИН

В.А. ЧАНТУРИЯ

Е.И. ШЕМЯКИН

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*ректор МГГУ,
чл.-корр. РАН*

*директор
Издательства МГГУ*

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАН

академик РАН

академик МАН ВШ

академик РАН

профессор

академик РАН

академик РАН



E.Yu. Kulickova

UNDERGROUND GEOECOLOGY OF THE BIG CITIES

MOSCOW
PUBLISHING HOUSE
OF MOSCOW STATE MINING
UNIVERSITY
2005



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.Шишиц* (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 geoecology 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.

Глава 1

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА КРУПНЫХ ГОРОДОВ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

...На каждом шагу факты напоминают нам о том, что мы отнюдь не властвуем над природой так, как завоеватель властвует над чужим народом, не властвуем над ней так, как кто-либо находящийся вне природы, — что мы, наоборот, нашей плотью, кровью и мозгом принадлежим ей и находимся внутри нее, что все наше господство над ней состоит в том, что мы, в отличие от других существ, умеем познавать ее законы и правильно их применять.

Ф. Энгельс

Из всех видов хозяйственной деятельности людей, влияющих на окружающую среду, наиболее трудноуправляемый процесс преобразования природы — развитие человеческих поселений, особенно городов. Бурный рост городского населения, концентрация и интенсификация производственной и непроизводственной деятельности сформировали городскую среду, не способную удовлетворить необходимые биологические и социальные требования современного человека. Интенсивный рост крупных городов, сопровождающийся постоянным расширением границ, вызывает сокращение, а иногда и уничтожение естественных ландшафтов, нарушает способность их к саморегулированию. Развитие урбанизации в перспективе потребует еще больших территорий. Согласно данным ЦНИПградостроительства, в течение наступившего столетия в нашей стране потребность в городских землях составит 1,07 млн км² (5,3 % площади бывшего СССР). Селитебные земли в больших городах примерно каждые пять лет расширяются на 20 %.

Состояние и степень развитости транспортной инфраструктуры существенно сказываются на условиях функционирования городской среды и качестве проживания. Усугубление экологических проблем из-за повышенной транспортной нагрузки на-

блюдается, например, в Московской, Санкт-Петербургской, Тульской, Челябинской, Новосибирской агломерациях, для которых характерна высокая степень развитости и плотности коммуникационных систем (табл.1.1 [31]).

Отрицательное воздействие транспорта проявляется в необходимости решения проблемы защиты сложившихся жилых районов, общественных зданий и природных комплексов от шума. В целом по России треть населения испытывает влияние сверхнормативных уровней шума, а в г. Москве, по оценкам специалистов, 70 — 80 % жителей находятся в условиях акустического дискомфорта.

Причиной высокой напряженности экологической обстановки в наиболее крупных агломерациях является высокая техногенная нагрузка на территорию, уровень которой достигает в отдельных случаях крайне высоких значений. Так, в городах-центрах Санкт-Петербургской и Московской агломераций, помимо высокой плотности собственного населения (см. табл. 1.1), дополнительные нагрузки обусловлены федеральными и международными социально-культурными функциями этих городов.

Уровень благоустройства урбанизированных территорий непосредственно влияет на здоровье населения и на параметры экологического состояния городской среды.

В крупных городах и агломерациях обостряются **проблемы обеспечения доброкачественной питьевой водой**, развития централизованного водоснабжения, улучшения санитарно-технического состояния водопроводных сооружений и сетей. По данным Госсанэпиднадзора России, в 1996 г. 20 % проб воды коммунальных и 23,6 % ведомственных водопроводов не отвечали гигиеническим нормативным показателям и 8,1 и 12,4 % соответственно — микробиологическим критериям.

Большая часть (69 %) канализационных сооружений, эксплуатируемых в городах, перегружены. Из-за дефицита их мощностей напряженная экологическая и санитарная ситуация создавалась в Оренбургской, Саратовской, Тюменской областях и в 47 городах, не имеющих централизованных систем канализации.

Таблица 1.1

Характеристика состояния урбанизированных территорий

Урбанизированная территория	Плотность городского населения, чел/км ²	Обеспеченность зелеными насаждениями, м ² /1 чел.	Развитость транспортной инфраструктуры			Обеспеченность ресурсами, балл		Интегральная экологическая оценка	Удельное водопотребление на 1 чел., тыс. м ³ /год	Урбанизированность территории, %
			Плотность сети ж.д., м/тыс. км ²	Плотность автодорог, м/тыс. км ²	Коэффициент развитости транспортной сети	водными	рекреационными			
Санкт-Петербургская	12 180	16,3	138,5	230,4	7,9	1	1	5	0,15	6,0
Московская	11 110	19,9	133,8	223,2	9,0	1	2	5	0,16	17,4
Тульская	3590	17,1	45,6	163,1	3,8	1	4	3	0,14	14,8
Нижегородская	2530	15,2	86,7	203,2	4,2	1	5	4	0,18	4,2
Воронежская	2090	10,7	60,3	201,9	3,4	2	4	4	0,13	7,3
Пензенская	2580	16,8	6,3	161,9	3,9	3	3	2	0,14	7,6
Ульяновская	3190	15,2	85,6	173,1	2,5	1	3	1	0,16	5,9
Краснодарская	1880	15,6	60,7	193,5	2,4	2	2	3	0,18	4,5
Свердловская	1370	22,3	93,9	197,6	4,4	3	4	5	0,16	2,2
Челябинская	1230	6,1	120,3	100	6,5	3	4	5	0,19	0,3
Барнаульская	1980	20,9	81,3	99,3	4,5	1	4	5	0,18	0,2

Урбанизированная территория	Плотность городского населения, чел/км ²	Обеспеченность зелеными насаждениями, м ² /1 чел.	Развитость транспортной инфраструктуры			Обеспеченность ресурсами, балл		Интегральная экологическая оценка	Удельное водопотребление на 1 чел., тыс. м ³ /год	Урбанизированность территории, %
			Плотность сети ж.д., м/тыс. км ²	Плотность автодорог, м/тыс. км ²	Коэффициент развитости транспортной сети	водными	рекреационными			
Омская	2030	13,5	56	87,4	3,7	1	5	4	0,16	2,9
Кемеровская	1400	16,1	42,5	201,8	1,9	2	4	4	0,18	0,2
Красноярская	1530	8,9	52	93,3	3,4	1	4	4	0,26	0,01
Владивостокская	1070	16,1	92,2	184	6,3	3	3	5	0,18	0,5
Ярославская	2930	14,9	67,8	178,5	3,6	1	3	3	0,31	9,9

Примечание. *Урбанизированность территории* — отношение площади городских земель к площади региона. *Развитость транспортной инфраструктуры* — интегральный показатель протяженности, пропускной и провозной способности всех автомобильных и железных дорог агломерации. *Обеспеченность водными ресурсами* — балльная оценка величины запасов поверхностных и подземных вод и уровня водопотребления городского населения. *Обеспеченность рекреационными ресурсами* — показатель возможности удовлетворения потребностей городского населения в кратковременном отдыхе. *Интегральная экологическая оценка* — суммарная оценка степени воздействия техногенных факторов и устойчивости природных комплексов и компонентов (почвенно-растительного покрова, водного и воздушного бассейнов).

Значения ранжированы на пять категорий:

1, 2 — условия окружающей среды отвечают нормативным и не имеют существенных отклонений; 3 — фиксируются незначительные отклонения от нормативных параметров; 4 — условия окружающей среды имеют значительные отклонения от нормативных; 5 — условия окружающей среды характеризуются ее серьезными нарушениями и негативными изменениями.

Дополнительные экологические проблемы, приуроченные к ценным пригородным территориям, связаны с размещением полигонов складирования твердых бытовых отходов и иловых площадок осадка сточных вод городских очистных сооружений. В 1996 г. в результате санитарной очистки городов вывезено 130 млн м³ твердых бытовых отходов, из которых только 3 % утилизировано промышленными методами, обеспечивающими гигиеническую и экологическую надежность состояния урбанизированных территорий.

Твердые бытовые отходы, поверхностный сток, сброс коллекторно-дренажных вод способствуют загрязнению подземных вод. Из общего объема подземных вод, забираемых на хозяйственно-питьевые цели, 5 — 6 % загрязнены соединениями азота, сульфитами, хлоридами, нефтепродуктами, фенолами, солями тяжелых металлов и другими вредными веществами, содержание которых достигает 5 ПДК. Выявлено около 1800 очагов загрязнения подземных вод, из которых почти 80 % приходится на долю европейской части России.

Крупной экологической проблемой городов стала **усиленная откачка воды для питьевых и других целей из подземных водоносных горизонтов**. При сопоставлении карт пьезометрических уровней и гидроизогипс зафиксирована тесная взаимосвязь между изменением состава пород и деятельностью человека [94] (рис. 1.1). В 1996 г. отбор подземных вод составил 16 км³. В результате многолетнего интенсивного водоотбора для нужд Москвы, Брянска, Санкт-Петербурга и других городов в районах их расположения сформировались крупные депрессионные воронки уровня поверхности подземных вод, площадь которых достигает 50 тыс. км², а снижение уровня в центре — 80 — 130 м. В отдельных местах г. Москвы, особенно там, где имеются массивные сооружения, величина опускания поверхности за счет депрессии достигла нескольких десятков сантиметров.

Рекреационные ресурсы играют важную роль в формировании благоприятной среды проживания человека. Именно рекреационные ресурсы являются фактором, определяющим функционирование систем расселения на урбанизированных терри-

ториях, а для регионов, специализирующихся на организации отдыха и туризма, — важнейшей составляющей градообразующей базы, основой экономики. Важная рекреационная роль отводится зеленым зонам городов. Общая площадь озелененных территорий в городах России составляет более 1,3 млн га, т. е. около 20 % всех городских земель. Средняя обеспеченность горожан насаждениями общего пользования — 10 м²/чел., что вдвое ниже нормативной [31]. В большинстве городов не сформированы непрерывные ландшафтно-рекреационные системы, что снижает санирующий эффект «зеленых легких» урбанизированной среды. Санитарно-гигиенические и эстетические качества городского озеленения находятся в неудовлетворительном состоянии, большая часть зеленого фонда требует реконструкции и ремонта.

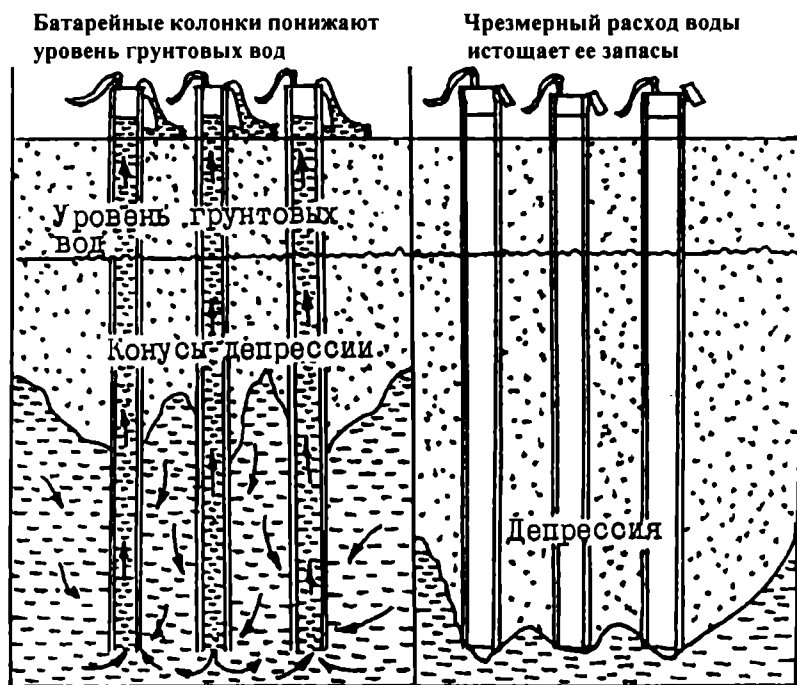


Рис. 1.1. Усиленная откачка подземных вод как причина расширяющихся депрессий (понижения) уровня этих вод

В современных городах отмечается тенденция к сокращению площадей озеленения вследствие изъятия их под застройку, деградации зеленых массивов, не подготовленных для массового посещения, ухудшению санитарного и эстетического состояния городских зеленых насаждений. Наблюдается устойчивая тенденция к сокращению работ по строительству новых объектов озеленения. Треть городских зеленых насаждений приходится на озелененные территории ограниченного пользования и специального назначения, около 4 % — на насаждения улиц и дорог. Озеленение жилых территорий закладывается, как правило, с нарушениями агротехники, применяется некачественный посадочный материал.

Круговорот веществ и энергии в городах значительно превосходит таковой в сельской местности. Средняя плотность естественного потока энергии Земли — 180 Вт/м^2 , доля техногенной энергии в нем — $0,1 \text{ Вт/м}^2$. В городах эта доля возрастает до 30 — 40 и даже до 150 Вт/м^2 (район Манхэттен, Нью-Йорк, США).

Над крупными городами атмосфера содержит в 10 раз больше аэрозолей и в 25 раз больше газов, чем в сельской местности. При этом 60 — 70 % газового загрязнения дает автомобильный транспорт. Более активная конденсация влаги приводит к увеличению осадков на 5 — 10 %. При малой подвижности воздуха тепловые аномалии над городами охватывают слои атмосферы в 250 — 400 м, а контрасты температуры могут достигать 5—6 °С. С ними связаны температурные инверсии, приводящие к повышенному загрязнению, туманам, смогу. В 1996 г. средние за год концентрации загрязняющих веществ превышали установленные санитарно-гигиенические нормативы ПДК в воздухе 205 городов России с населением 65,4 млн чел. (более 44 % населения страны). Случаи превышения максимальных концентраций (10 ПДК) имели место в 70 городах. Основной вклад в высокий уровень загрязнения воздуха городов вносят автотранспорт, предприятия металлургии, химии и нефтехимии, стройиндустрии, энергетики, целлюлозно-бумажной промышленности, а в некоторых городах — котельные.

Самоочищению атмосферы препятствует снижение на 10 — 20 % солнечной радиации и скорости ветра. Значительное влияние на загрязнение воздушного бассейна оказывает трансграничный перенос загрязнителей. Так, загрязнение территории России свинцом и кадмием в значительной степени обусловлено трансграничным переносом этих металлов из Польши (180 — 190 т/год), Германии (более 130 т/год), что во много раз превышает загрязнение этими веществами предприятиями самой России [31].

Коренному преобразованию подвергается и **почвенный покров** городских территорий. На больших площадях, под магистралями и кварталами, он практически уничтожается, в зонах рекреаций — парки, скверы, дворы — подвержен сильному загрязнению бытовыми отходами, вредными веществами из атмосферы; обнаженность почв способствует водной и ветровой эрозии.

Наиболее отчетливо особенности формирования и функционирования городской агломерации можно проследить на примере г. Москвы.

В г. Москве — крупнейшем мегаполисе площадью 107,1 тыс. га — проживают более 8,6 млн чел., размещается более 7 тыс. предприятий производственной сферы, около 500 энергетических объектов.

Автотранспорт столицы насчитывает около 2 млн единиц. Обобщенные данные свидетельствуют о сложном экологическом состоянии Москвы. Сотни тысяч источников выбрасывают в воздух огромное количество вредных веществ, выхлопные газы автомашин дают основную массу свинца, износ шин — цинка, дизельные моторы — кадмия. Промышленные предприятия выбрасывают большое количество пыли, оксидов азота, железа, кальция, магния, кремния. Эти соединения снижают прозрачность атмосферы, увеличивая на 50 % количество туманов, на 10 % — осадков, на 30 % сокращают солнечную радиацию. В среднем на одного жителя г. Москвы приходится 46 кг вредных веществ в год.

Тепловое воздействие увеличивает температуру в городе на 3 — 5 °С (в безморозный период — на 10 — 12 дней и бесснежный — на 5 — 10 дней) [75].

Расход воды в Москве на 1 жителя — 700 л/сут. При огромных расходах на очистку даже водопроводная вода содержит некоторое количество вредных соединений, главным образом удобрений и ядохимикатов. Сточные воды на 98,6 % подвергаются биологической очистке, однако в водоемы все же попадает большое количество песка, соли, подкисленной и теплой воды. Из 1650 главных промышленных предприятий системами оборотного водоснабжения оснащены лишь 160.

В пределах города почвы значительно отличаются от своих аналогов в данной природной зоне. Поступающие из атмосферы осадки, содержащие карбонаты кальция и магния, вызывают повышение pH почвы до 8 — 9. Почвы заражены также органическими веществами, главным образом сажей, — до 5 % (вместо обычных 2 — 3 %). Содержание тяжелых металлов в 4 — 6 раз превышает фоновое [92].

Зеленые насаждения занимают 30 % площади города, т. е. на одного жителя приходится 25 — 30 м² насаждений (для сравнения в Париже — 6 м²/чел., Лондоне — 7,5, Нью-Йорке — 8,6 м²/чел.). Около 30 — 40 % насаждений затронуто болезнями и потеряло способность к самовосстановлению.

В Москве 3,5 млн чел. живут в условиях экологического дискомфорта, около 1 млн чел. — в районах предельного дискомфорта. Заболеваемость москвичей в среднем выше, чем в других районах страны: распространены болезни органов дыхания, различные виды аллергии, сердечно-сосудистые заболевания, болезни печени, желчного пузыря, органов чувств. Из 94 крупнейших городов мира Москва по рождаемости занимает 62-е место, естественному приросту — 71-е.

Экология Москвы тесно связана с фоном, природными условиями Подмосковья и климатом европейской территории России. Важное значение имеет преобладание в течение года ветров западных румбов — «западный перенос». При этом западные и северо-западные районы дополнительно очищаются над лесными массивами западной части Московской области, в восточные же районы Москвы поступает воздух, сильно загрязненный над городской территорией. Дифференциация экологических условий также обу-

словлена особенностями почв и рельефа. Северо-запад Москвы более возвышенный, холмистый, почвы представлены глинами и суглинками. Это способствует активному поверхностному смыву, горизонтальной миграции загрязнения, его концентрации в водоемах и малому проникновению в грунты. На юго-востоке распространение песчаных равнинных поверхностей с малыми уклонами способствует возникновению условий для вертикальной миграции загрязнения и заражения грунтовых вод.

В настоящее время на территории г. Москвы сформировалось 68 производственных зон, включающих промышленные предприятия, строительные, транспортные, предприятия связи и средств связи, коммунально-складских служб, дорожного хозяйства. Для большинства промзон характерно нерациональное использование земель, на которых размещаются предприятия, обрастая мелкими службами. Проблема промзон неотделима от существования в городе предприятий с экологически опасными технологиями. В настоящее время в Москве существует более 260 таких промышленных объектов, которые являются потенциальными загрязнителями окружающей среды химическими веществами и физическими факторами воздействия на человеческий организм. Площадь реальных зон загрязнений от таких промзон, как правило, в 2 — 3 раза превышает их собственную площадь. Вокруг таких объектов необходимо создавать специальные санитарно-защитные зоны и решать вопрос о допустимости существования в столице экологически опасных производств.

50 % площади города (53,5 тыс. га) представлено территориями, где выявлены источники загрязнения окружающей среды (рис. 1.2):

- земли под промышленными предприятиями, транспортом, предприятиями связи, обороны и др. — 15,1 тыс. га;
- улично-дорожная сеть — 10,8 тыс. га;
- земли сельскохозяйственного использования — 7,6 тыс. га;
- прочие земли — 20 тыс.

Земли, обладающие средовосстанавливающими свойствами, т. е. снижающие негативное воздействие выбросов загрязняю-

щих веществ и отходов производства (парки, скверы, бульвары, территории рекреационного использования и водные объекты), занимают 21 % площади города.

Таким образом, соотношение деградированных и обладающих средовосстанавливающими функциями территорий г. Москвы составляет 1,2:1, что является явно недостаточным для обеспечения экологического равновесия городской среды.

Еще одним фактором негативного воздействия города на состояние окружающей среды является современная пространственная организация территории Москвы, сложившаяся стихийно, без учета таких природных факторов, как рельеф и климат.

Географически Москва сложилась в виде амфитеатра: при плотно застроенном и заселенном, но сравнительно невысоком по рельефу центре — более высокая и интенсивно освоенная периферия на севере и юге города. Часть производственных объектов, расположенных на наиболее низких участках рельефа, в частности в долине Москвы-реки в центре, на востоке и юго-востоке города, оказалась на дне громадной, плохо проветриваемой



Рис. 1.2. Использование территории г. Москвы

«чаши». С точки зрения экологии подобная организация является крайне неблагоприятной. Страдает и прилегающая местность: атмосферное загрязнение распространяется на восток на 70 — 100 км, депрессионные воронки от забора артезианских вод имеют радиусы 100 — 200 км, тепловое загрязнение и нарушение режима осадков наблюдается на расстоянии 90 — 100 км, а угнетение лесных массивов — на 30 — 40 км [29].

Если же рассмотреть финансовую сторону градостроительного комплекса, то становится совершенно очевидно, что основные направления бюджетных расходов — это социально-культурные программы, городское хозяйство и затраты на строительство города (рис. 1.3). На мероприятия по охране окружающей среды и экологические программы уходит всего 0,64 % от всего бюджета. При нарушениях, характерных для городской среды, малая доля которых была описана выше, следует глубоко задуматься о последствиях человеческой деятельности для городов-мегаполисов и будущем горожан.

Таким образом, формирование и функционирование городской среды определяются совокупностью техногенных, градостро-

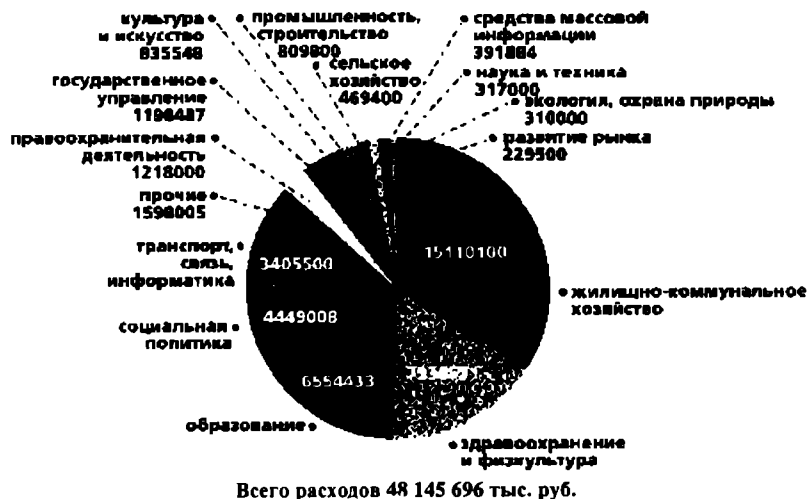


Рис. 1.3. Распределение бюджетных средств (тыс. руб.) на финансирование градостроительного комплекса г. Москвы (по состоянию на 01.01. 2000 г.)

ительных и физических факторов, которые, в свою очередь, накладывают отпечаток на состояние окружающей природной среды. Борьба с отрицательным влиянием современного производства на окружающую среду является сложным процессом, особенно в связи с постоянным изменением технологии в различных отраслях промышленности, появлением новых веществ, которые могут оказать вредное влияние на окружающую среду, и т. д.

В градостроительстве как отрасли человеческого производства, занимающейся преобразованием окружающей среды и созданием искусственной среды для человека, особое значение приобретает градостроительное прогнозирование, которое должно предусматривать последствия того или иного градостроительного решения. Здесь выделяется проблема градостроительного зонирования. Одним из аспектов такого зонирования является выделение объектов повышенной степени вредности и размещение их в подземном пространстве города.

Освоение подземного пространства городов позволяет решать проблему охраны окружающей среды градостроительными методами в плане взаиморазмещения различных объектов и их комплексов, оказывающих серьезное влияние на окружающую среду, определяющих на далекую перспективу состояние этой среды, а также определять некоторые подходы к экологически обоснованной организации территории.

1.2. АРХИТЕКТУРА И ЭКОЛОГИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ-МЕГАПОЛИСОВ

...здание есть своего рода тело, которое, как и другие тела, состоит из очертаний и материи, причем первые создаются умом, а вторая берется из природы. Для первых нужны ум и мысль, для второй — подготовка и выбор.

Альберти

...сейчас нельзя для современной архитектуры провести в жизнь что-либо новое, не руководствуясь при этом социальной программой, служащей в данном случае как бы основой для всего.

Ле Корбюзье

Выбросы в атмосферу, продукты вредных производств, выхлопные газы автомобилей, захоронение радиоактивных отходов в земные недра — это те аспекты, которые принято принимать к обсуждению при рассмотрении вопросов экологии больших городов. Однако есть аспект, которому до сих пор не уделяется должного внимания, — влияние архитектуры на состояние живых организмов мегаполисов, в частности людей.

Архитектурные творения могут либо способствовать нормальному развитию людской популяции, либо создавать среду, противоестественную с точки зрения экологии. В настоящее время начинает развиваться новое научное направление, изучающее взаимодействие человека с видимой средой (в данном случае архитектурой), — видеоэкология, основоположником которой является доктор биологических наук Василий Филин. В Китае существует целая наука Функ Сой, которая изучает, как влияют на человека окружающие его пространства домов и квартир, местоположение, планировка города, размещение важнейших административных зданий.

В городах-мегаполисах видимая среда становится все более опасной для человека. Страдает не только эстетическая сторона. Угроза нависла и над физиологическими механизмами зрения человека, а это чревато серьезными отклонениями как для самого зрения, так и для состояния нервов и психики. Если в естественной природной среде существует достаточно элементов, обеспечивающих полноценную работу глаз человека, то, например, шахтеры большую часть времени проводят в своего рода черном куполе, где трудно найти какие-либо детали для фиксации взгляда. В результате возникают расстройства, ведущие к профессиональному заболеванию — углекопному нистагму. Поверхностные структуры городов представляют ту же опасность, обусловленную возникновением гомогенных и агрессивных полей.

Гомогенные поля создаются голыми стенами, огромными плоскостями из бетона и стекла, глухими заборами, монотонными подземными переходами, асфальтовыми покрытиями и т. п. В гомогенном поле глазу не за что «зацепиться», и это становится сигналом к поисковым движениям глаз большой амплитуды. В

мозг поступает недостаточное количество информации, зрительная система оказывается как бы в заблуждении, что дает толчок для психических расстройств у живых организмов.

Агрессивные поля связаны с большим количеством одинаковых и равномерно распределенных на поверхности визуальных элементов, таких, как масса окон на стенах домов, прямоугольные плитки на фасаде или тротуаре, рейки, сетки или перегородки из одинаковых деталей, гофрированные поверхности и т. п. В этом случае в мозг поступает избыток однородной информации, зрительная система опять оказывается в возбуждении. В итоге — отрицательное воздействие на центральную нервную систему, на самочувствие человека в целом. Рост психических заболеваний по причине урбанизации подтверждает статистика авторитетной Всемирной организации здравоохранения. По оценке некоторых психиатров, 80 % их пациентов страдают так называемым синдромом большого города, основными признаками которого являются подавленное состояние, психическая неуравновешенность и агрессивность.

Сложный процесс разрушения визуальной среды охватил все города планеты. В свое время архитектурный мир потрясло известие из США: 15 июля 1972 г., в 15 ч.32 мин., в г. Сент-Луисе (шт. Миссури) по решению властей был снесен огромный жилой комплекс из стекла и металла, архитектор которого Минуори Яисаки в 1951 г. получил премию Американского института архитектуры за модернистский проект. Местные власти пошли на это, чтобы покончить с очагом преступности. Московская мэрия в 1997 г. приступила к ликвидации Черемушек, к сносу района массовых застроек, не отвечающих требованиям нормального человеческого проживания.

«Природа — вот что мы должны взять за образец. Наше отступничество — вот в чем преступление», — говорил знаменитый французский архитектор Ле Корбюзье. Не случайно всем до сих пор нравятся лучшие творения зодчих прошлого. По многообразию зрительных элементов: линий, окраски, контрастов, наличию шпилей и заострений они не уступают наиболее комфортной видимой среде, которая существует в природе: на

берегу водоема, в горах, в лесу. В местах с комфортной визуальной средой — наибольшее число долгожителей. Жизнерадостность жителей южных берегов Эллады, Италии, Испании и других благоприятных уголков земли скорее всего обусловлена грамотным архитектурным подходом. Это благотворно отражается на состоянии людей, их здоровье, нравственности, деловой активности.

Инженерная защита окружающей среды от архитектурных несоответствий природе должна базироваться на создании карты визуального «загрязнения», которая позволит определить масштабы отрицательных воздействий на природу со стороны архитектурных композиций. Карта должна стать основополагающим документом для градостроителей и позволит целенаправленно решать проблемы оздоровления городской среды. Мероприятия инженерной защиты природы на стадии проектирования архитектурных комплексов в городах должны выбираться с учетом следующих основных положений:

- высота домов не должна превышать высоту деревьев. Люди должны жить «внутри» природы, достигая с ней полной гармонии;

- чем больше в окружающем пространстве кривых линий, тем ближе оно к естественной природной среде;

- силуэт здания и силуэт города — важные компоненты здоровой зрительной среды. Шпили, башенки, заостренные разнотажные части домов, колокольни создают своеобразный акцент для фиксации взора;

- большие города отдаляют человека от природы и порождают множество экологических проблем, поэтому необходимо ограничение роста города;

- за счет озеленения урбанизированная среда приближается к среде природной. Например, в архитектуре Зеленограда и новосибирского Академгородка основную нагрузку берет на себя лесной массив. Кооперативный поселок «Сокол» в Москве построен исходя из идеи города-сада с домиками-особняками среди зеленых участков. Зеленые насаждения, горы и холмы создают «экран», и их вершины, как правило, образуют его силуэт.

Вот почему проблема взаимодействия объемных форм пейзажа и архитектурных сооружений очень важна. При наложении архитектуры на объемные формы ландшафта или наоборот предстоит решить важную задачу: станет ли архитектура фигурой или сольется с пейзажем. Чаще всего такая задача не только не разрешается, но и не ставится. Возникновение фигур на фоне пейзажа в таких случаях является фатальным следствием того, что архитектурные формы выражают лишь свое материально-техническое содержание. Такие случайно возникшие объекты не способны подчеркнуть или сознательно усилить те или иные защитные качества пейзажа;

- цветовой насыщенный городской среды является одним из наиболее доступных средств к созданию комфортной визуальной среды;

- очень важен взгляд на архитектуру как на пластический материал, способный развивать закономерности ландшафта. Скульптурные формы рельефа как «архитектура», созданная природой, играет особую роль в жизни человека и в его строительной деятельности. Например, приспособление к склонам гор и холмов определило рождение специфической формы жилья, так называемых террасированных домов. Смещаясь по отношению друг к другу, их ячейки легко срастаются с рельефом, повторяя его линии. Нередко для застройки выбирается одна из характерных форм рельефа — уступ между террасами. Приспособление к нему может образовать структуру, которая способна выполнить функции «подпорной стены», развивающей форму природного уступа. Организация внутреннего пространства застройки создается с помощью частичных выемок в рельефе, при этом функции оболочки, выделяющей внутреннее пространство из внешнего, выполняет только одна из стен — наружная, повторяющая конфигурацию уступа. Таким образом, физическое приспособление архитектуры к формам рельефа не только не нарушает экологической надежности города, но и упрощает материально-техническую структуру построек, их конструкцию и методы возведения;

- слияние архитектурной формы с фоном (окружающей средой). Обеспечивается подавление контраста сходством, камуф-

лированием и дематериализацией архитектурной формы. Камуфлирование как способ маскировки и растворения в среде может быть создано, например, с помощью защитной окраски, фактуры используемых конструкций и отделочных материалов. Такой способ подчинения природной среде использовали финские архитекторы Рейма Пиетиля и Райли Паателайнен при создании жилого комплекса в городе Тапиоле. Композиция комплекса, состоящего из трехступенчатых корпусов с разноэтажными секциями, хорошо увязанная с повышением рельефа в центре участка, растворяется в окружающих рощах. Этому содействует зеленая с меняющимися оттенками окраска бетонного цоколя и балконов. Прием дематериализации основан на применении полированного стекла для облицовки фасадов. Однако полная дематериализация архитектурных форм приводит обычно к созданию бесплотных зданий, лишенных пропорций и масштаба, «паразитирующих» за счет окружающей среды. Такие здания-призраки не способны выполнить необходимой градостроительной роли по созданию полноценной эстетической и здоровой среды. Тем не менее есть исключения, когда прием зрительной дематериализации формы и зеркального отражения среды может принести пользу.

Пространство домов и квартир — стены, окна, сквозные двери, интерьер — также влияют на человека как положительно, так и отрицательно. Древняя китайская наука Функ Сой сформулировала определенные законы, которые помогают человеку гармонизировать окружающее его пространство и даже управлять им. Цивилизация внесла во внутренний интерьер архитектурных строений чужеродные источники энергии — железобетонные каркасы зданий, обилие сложных металлических конструкций и т. п., которые формируют вредные для организма человека электромагнитные поля, усугубляемые присутствием электрических приборов. Отрицательную энергетику формируют также прямые углы комнат, сквозные двери, неправильно подобранный цвет обоев, неправильно расставленная мебель. Глаза человека изначально не приспособлены воспринимать гладкие поверхности, идеально прямые линии, симметричное

расположение предметов по той причине, что в природе их просто не существует. Цветовые несоответствия убранства домов приводят к психологическому дискомфорту, ухудшению зрения, возбуждают и раздражают одновременно, вызывают подсознательное стремление вырваться из подобной искусственной среды. Ежедневное постоянное пребывание в такой среде ведет к сверхнапряжению и в результате — к разрушению мозговых клеток. Негативные воздействия архитектуры на человека проявляются в бессоннице, головных болях, нервных расстройствах, нарушении работы эндокринного аппарата. Нарушение энергетической гармонии окружающего человека пространства может привести к разнообразным болезням. Например, в Новой Зеландии неожиданно вспыхнула эпидемия туберкулеза. Специалисты заметили: вспышка во времени совпадала с тем периодом, когда в архитектуре страны наибольшее распространение получили проекты со сквозными дверями.

Эти принципы архитектурного построения во многом характерны и для подземного строительства. С одной стороны, комплексное освоение подземного пространства способствует решению художественно-эстетических задач с формированием новой окружающей человека городской среды и пространственно-выразительной застройки, с сохранением памятников истории и культуры и особенностей природного ландшафта. К положительному аспекту стоит отнести и то, что архитектурные решения в подземном пространстве города свободны от меняющихся форм рельефа и климатических особенностей местности. Однако следует учитывать, что подземные условия уже сами по себе являются крайне специфичными. Во-первых, подземные сооружения располагаются в массиве горных пород, в котором действуют гравитационное, тепловое, магнитное, тектоническое, электрическое и другие поля. Влияние этих полей накладывает определенные ограничения на конфигурацию, форму, тип и стиль архитектурных подходов. Во-вторых, полное отсутствие живого солнечного света в подземной архитектуре требует решения вопроса о создании искусственного освещения и о применении таких текстур строительных материалов, которые ис-

ключали бы разрушение психики людей, находящихся в подземных помещениях.

Наука, которая объединяет технологические процессы и типы подземных сооружений с их архитектурой, называется **архитектурной типологией подземных объектов**. Принципы архитектурной типологии можно сформулировать следующим образом:

- архитектурно-планировочные и конструктивные особенности подземных объектов обуславливаются целями, потребностями и функциональным назначением подземных объектов;
- архитектурная организация подземных объектов осуществляется с учетом специфики транспортных средств и располагаемых в них производств;
- архитектура подземных объектов в значительной степени обусловлена климатическими факторами, свойствами массива горных пород и подземного строительства;
- комбинации различных подземных объектов обуславливают различные архитектурно-планировочные решения;
- интерьер подземных помещений играет главную роль в решении архитектурно-строительных и функционально-технологических задач.

Архитектурные композиции в подземном строительстве основываются на следующих принципах:

- *линейном*, с группировкой помещений с одной или обеих сторон протяженного коридора или транспортных коммуникаций;
- *анфиладном*, с группировкой помещений последовательно вдоль продольной оси;
- *зальном*, с нерасчлененным крупным пространством;
- *центрическом*, с крупным центральным залом, вокруг которого располагаются вспомогательные помещения.

Наиболее приемлемыми с позиций видеоэкологии являются зальный и центрический типы архитектурных подземных композиций. Мягкие очертания и кривые линии позволяют использовать эти типы для создания подземных объектов, рассчитанных на длительное пребывание людей.

Методы создания объектов подземной архитектуры являются несравненно более сложными, чем при традиционном назем-

ном строительстве. Прежде всего в подземных условиях конструкции должны быть рассчитаны на значительное горное давление. Не всегда могут быть использованы обычные способы производства горно-строительных работ. В зависимости от характера горных пород, особенностей планировки и застройки в подземном строительстве широко применяются специальные способы возведения сооружений. Производство работ осложняется наличием ранее уложенных инженерных коммуникаций и фундаментов зданий. Подземные сооружения всегда нуждаются в особых способах канализации, защите от подтопления, в непрерывной приточно-вытяжной вентиляции и кондиционировании воздуха. Например, в подземных переходах зального типа необходимо обеспечивать 4-кратный воздухообмен зимой и 6-кратный — летом; в подземных гаражах — 6-кратный воздухообмен зимой и 8 — 10-кратный — летом; в транспортных тоннелях большой протяженности — 15 — 20-кратный. При этом большое внимание необходимо уделять чистоте воздуха, его температурно-влажностным показателям, а также созданию необходимого подпора, чтобы отработанные газы при работе оборудования и транспорта, находящиеся в наружном воздухе, не могли проникать в интерьеры подземных сооружений.

На подземную архитектуру, возможности и масштабы развития подземных объектов, пространственно-конструктивные решения в городах оказывают влияние конкретные гидрогеологические условия: сейсмичность, наличие насыпных и просадочных грунтов, плывунов и псевдоплывунов, карстовые явления и размывы, деформирующиеся песчано-глинистые толщи, поднятие грунтовых вод и т.п.

Подземная архитектура связана и с решением целого ряда социально-психологических задач, возникающих при создании городской подземной среды: преодоление средствами архитектуры ощущения «подземности» путем создания взаимосвязанных разномасштабных, переходящих друг в друга пространств. При этом необходимо сочетать внешний вид конструкций, свидетельствующий об их надежности, прочности и долговечности с впечатлением их определенной легкости и эстетической привлекательности.

Для подземных сооружений характерно «камерное» восприятие пространства, когда все ограждающие поверхности воспринимаются с близкого расстояния. Важным средством организации интерьеров подземных сооружений является искусственное освещение, которое зрительно преобразует пространство и может создавать определенные положительные эмоции. Не меньшее значение имеет отделка подземных помещений. Вмещающие породы часто применяются для отделки интерьеров. Создание соответствующей цветовой гаммы служит важным условием психологического комфорта в подземных помещениях. Особое место при этом уделяется деталям и элементам, создающим впечатление связи с внешним миром, например стенным панно с видами природных ландшафтов. Эстетически привлекательный интерьер достигается путем выбора определенных цветовых сочетаний, пластики, фактуры соответствующих элементов (стен, полов, потолков и др.).

В замкнутых подземных помещениях необходимо обеспечивать доходчивую зрительную и звуковую информацию.

Аналогично ситуации в наземном строительстве решение специфических задач выбора конструктивных схем и систем инженерного оборудования должно быть объединено общим архитектурным замыслом.

Архитектурные решения подземных объектов различного назначения (транспортные, коммунально-бытового обслуживания, инженерные сети и др.) должны быть органически связаны между собой и с поверхностной планировкой и городской застройкой. Более того, очередность, масштабы и архитектурные приемы в подземном строительстве зависят от характера и содержания исторически сложившейся и перспективной застройки на земной поверхности, их ценности, концентрации населения в данном районе, природно-климатических условий, расчетного уровня развития транспортных сетей и других условий. Принимаемые решения должны отвечать требованиям градостроительной эстетики, коммунальной гигиены, условиям технико-экономической и экологической целесообразности.

Таким образом, выкристаллизовываются общая задача разработки биологических аспектов теории градостроительства и

две вытекающие из нее частные: биологические требования к среде проживания человека и биологические основы экологического макрозонирования территории.

Под *биологическим зонированием* подразумевается схема, основанная на всестороннем изучении комплекса биологических факторов, определяющих состояние и перспективы развития различных регионов, которая используется в целях рационального размещения промышленности, сельского хозяйства, выделения рекреационных и заповедных территорий и т. д. Эта схема должна распространяться не только на наземную часть города, но и на его подземное пространство.

Биологическая неоднородность территории усугубляется различными техногенными воздействиями.

Состояние окружающей среды в значительной степени зависит как от степени урбанизации территории, так и от концентрации производства, что усиливает взаимовлияние территорий различного назначения. На размораживание территорий различного назначения влияют быстрорастущие потребности в рекреационных территориях, необходимость выделения крупных охраняемых зон, транспортные коммуникации. Архитектурные композиции способствуют этому взаимовлиянию. Агрессивные и гомогенные поля территорий различного назначения могут накладываться друг на друга, приводя к непредсказуемым последствиям. При грамотном архитектурном размещении объектов агрессивные и гомогенные поля могут нивелироваться.

Говоря о конкретных биорегионах, необходимо учитывать разные показатели, влияющие на их состояние, в том числе биологические, географические, геологические, климатические, метеорологические, демографические, определяемые техногенной деятельностью человека: урбанизацией, загрязнением и т. п.

Все аспекты, касающиеся биологического зонирования и даже в более крупном масштабе — экологического зонирования, непосредственно касаются и подземной урбанистики.

Экология и архитектура, как наземная, так и подземная, взаимосвязаны и взаимообусловлены, поэтому представляется необходимым подробное рассмотрение экологических аспектов

принятия архитектурных решений на стадии проектирования. Особенно актуальной эта проблема становится в строительной геотехнологии, занимающейся закономерностями поведения подземных сооружений в массиве горных пород, технологически, экономическими и организационными взаимосвязями технологических процессов при их строительстве, реконструкции и восстановлении. Возможно, в недалеком будущем это позволит сократить количество травм и аварий, возникающих под влиянием неизученного воздействия физических полей на человека.

1.3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

Современный город — это сложный экономико-географический, архитектурно-строительный и культурный комплекс, характеризующийся широким спектром социальных, инженерно-технических и особенно экологических проблем.

Процесс урбанизации характеризуется *скоплением большого количества населения* сравнительно на небольшой территории в непосредственной близости от источников загрязнения окружающей среды.

В настоящее время численность населения планеты увеличивается примерно на 2 % в год, а темпы роста городского населения на 4 % (в больших городах — вдвое быстрее). Демографы прогнозируют, что в начале нового столетия в городах будет проживать 70—90 % населения земного шара.

Процесс концентрации населения в городах не случаен. Плотность населения Москвы феноменально высока. Если в Берлине она составляет 3,5 тыс. чел. на 1 км², в Пекине — 0,62, Лондоне — 3,9, Нью-Йорке — 8,1, Токио — 5,4, то в Москве эта цифра достигает 8,4 тыс. чел. на 1 км². Это объективная закономерность, обусловленная потребностью экономического развития общества. Главная причина роста крупных городов объясняется экономическими преимуществами концентрации производства, широкими возможностями его специализации и концентрирования в пределах сравнительно небольших территорий, а также

наиболее эффективным приложением в них сил и знаний в любой сфере деятельности, использованием социально-культурного потенциала города. В то же время процесс концентрации производства и населения сопровождается интенсивным воздействием на окружающую среду, вызывая ее разрушение, и вступает в явное противоречие с историческим назначением и ролью города как средства улучшения условий жизни и благосостояния людей. Рост городов сопровождается интенсивным расширением городских территорий. В отдаленной перспективе городские территории могут занять до 30 % земной поверхности. Темпы роста городских территорий значительно превышают темпы роста их населения. Примерно каждые 5 лет селитебные земли в наших городах расширяются в среднем на 20 %. На 1 жителя наших городов часто приходится городских земель в 2—3 раза больше, чем того требует строительство.

Разнообразные факторы, связанные с ростом городов, в той или иной мере оказывают влияние на формирование городского жителя.

Человек стремится изменить природную физическую среду, приспособить ее для удовлетворения своих непосредственных нужд. Город — это часть природной среды обитания, а для многих людей почти единственная и во многом новая. Поскольку население крупных городов большую часть времени проводит в зданиях различного назначения (жилых, научно-производственных, административно-хозяйственных, культурно-бытовых и др.) в условиях им же созданной внутренней среды обитания, изучение и оценка гигиенических аспектов взаимодействия и оптимизации многокомпонентной системы *«природная среда — городская среда — человек — внутренняя среда обитания»* является одной из острейших проблем современного развития общества.

Воздействие физических, химических и биологических факторов на городское население обуславливает необходимость установления реальных и максимально допустимых нагрузок на человека исходя из потребностей экономического развития и возможностей окружающей среды.

Антропогенное воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду в пределах городских поселений является многофакторным, интенсивным и постоянным. На сравнительно небольших площадях концентрируются значительная численность населения, научно-производственные, энергетические, транспортные, культурно-бытовые комплексы. Соотношение открытых и застроенных пространств, проблемы взаимодействия городского транспорта, промышленных предприятий, энергетических установок, влияние водоемов, микроклимата, ветрового и радиационного режимов, ландшафтно-экологические проблемы, вызванные новыми видами техногенного воздействия на окружающую среду, отражают особенности взаимодействия системы *«хозяйственная деятельность — окружающая среда»*.

В настоящее время существует лишь два типа воздействия на окружающую среду, которые могут явиться серьезным препятствием для развития человечества:

- неизбежное изменение климата в связи с изменением теплового баланса планеты, вызванным ростом потребления энергии;
- неизбежное загрязнение окружающей среды в связи с рассеянием вредных веществ в результате интенсификации человеческой деятельности и роста потребления различных изделий.

Распространение в окружающей городской среде **выбросов** промышленных предприятий, энергетических установок, автотранспорта, отходов производства и потребления приводит к образованию техногенных потоков вещества, которые, в отличие от природных тел, отличаются составом, высокой степенью концентрации, широкой ассоциацией химических элементов, интенсивностью рассеивания в природных средах и биологического поглощения. Эти особенности техногенного воздействия на окружающую среду определяют качество городской окружающей среды и практические задачи, обусловленные отрицательными производственными и биологическими реакциями: снижением жизненного уровня городского населения, вызванным загрязнением среды; непригодностью по химическому составу большого числа водисточников для технических, питьевых, рыбохозяйственных и рекреационных целей; невозможностью целого ряда

технологических операций и воспроизводства биологических ресурсов.

Наибольшую опасность для городов и урбанизованных зон представляет *тепловое и химическое загрязнение атмосферы*, которое может явиться фактором, лимитирующим развитие человечества.

Количество выбросов в городскую атмосферу удваивается каждые 10 лет. От антропогенных источников пыли, содержание которой в атмосфере составляет не менее 10 %, резко повышается содержание многих химических элементов, их уровень концентрации и ассоциации определяется типом и конкретными технологическими условиями производства.

Уровень концентрации химических элементов в атмосферном воздухе больших городов обуславливает содержание в нем вредных веществ, в сотни раз превышающее фоновые показатели.

Одна из особенностей загрязнения воздушного бассейна городов — полиэлементность его состава. Происходят выбросы не только химических элементов основных циклов различных отраслей производства, но и элементов, присутствующих в сырье и в материалах, используемых при вспомогательных технологических процессах.

Эта особенность загрязнения городской атмосферы приводит к образованию сложных аномалий и оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье населения и состояние живых организмов.

Рассмотренная особенность загрязнения атмосферы городов определяет специфичность задач по ее охране: необходимость пространственного изучения рассеяния химических элементов от источников выбросов во всех компонентах окружающей среды (как миграционных — воздух и вода, так и депонирующих — почвы, донные отложения, горные породы, живые организмы) и геохимических взаимосвязей между компонентами окружающей среды в условиях концентрации в них химических веществ, а также учета природных и социально-экономических факторов, определяющих особенности накопления и динамику их пространственного распределения.

Процессы техногенного загрязнения окружающей среды городов характеризуются особенностями поступления химических элементов от различных источников и транспортирования их в разные объекты среды. Если в природных аномалиях источники образования химических элементов обычно расположены ниже земной поверхности и начальные стадии транспортировки вещества определяются прежде всего процессами механической миграции и внутригрунтового стока, то источники техногенных загрязнений расположены чаще всего на дневной поверхности или выше ее и транспорт вещества в большей степени обусловлен атмосферным переносом и поверхностным стоком. Конкретные источники, пути загрязнения окружающей среды и вид техногенных аномалий весьма разнообразны.

Первичными техногенными путями перемещения химических элементов в окружающую среду городов и промышленных зон от источников загрязнения служат: организованные выбросы в атмосферу через специальные воздуходувы и трубы, неорганизованные выбросы предприятий (проветривание помещений), поверхностный сток (ливневый сток с промышленной территории), размыв и дефляция твердых отходов на свалках и почв производственных территорий, рассеяние при транспортировке, вынос загрязняющих веществ транспортными средствами и производственным персоналом на обуви и одежде. Дальнейшие процессы массопереноса загрязняющих веществ определяются природными миграционными механизмами, не отличающимися от хорошо изученных процессов образования вторичных ореолов и потоков рассеяния рудных месторождений.

Состояние городской окружающей среды характеризуется не только распределением содержаний химических элементов, но и распределением их абсолютных масс, поступающих на единицу земной поверхности в единицу времени. Для обобщающих оценок загрязнения окружающей среды городов необходима информация о распределении как отдельных химических элементов, особенно наиболее опасных, так и их ассоциаций.

Состояние окружающей среды городов определяется составом и интенсивностью техногенных загрязнений, которые обуславливаются составом и интенсивностью выпадений загрязняющих веществ из атмосферы.

В условиях города и урбанизованных зон все химические элементы, накапливающиеся на территории городов, по массе и составу являются суммарным результатом воздействия многих источников и дают повышенную по сравнению с фоном нагрузку на окружающую среду и ее объекты. Распределение концентраций химических элементов в атмосфере и выпадение их на территории города, является функцией многих переменных, которые определяются влажностью, температурной стратиграфией атмосферы, рельефом местности, характером подстилающей поверхности, скоростью ветра, высотой источника и гранулометрическим составом выбросов.

Загрязнение поверхностных вод городов в значительной степени связано с выбросами в атмосферу загрязняющих веществ промышленными предприятиями различного профиля, а также автомобильным транспортом, увеличение парка которого за последнее десятилетие повысило загрязнение городской атмосферы примерно вдвое.

В большом городе на 1 км² площади в среднем за год выпадает до 400 т загрязняющих веществ, которые оседают в виде сажи, копоти, пыли, а также выпадают на территорию города вместе с атмосферными осадками.

Обширное гражданское, промышленное строительство в значительной степени способствует насыщению городских поверхностных вод минеральными взвешенными веществами. Так, объем взвешенных веществ в поверхностных водах, поступающих с 1 га территории интенсивного строительства в штате Вирджиния (США), составил 60 т/год, что в 10 раз превышает объем загрязнений с сельскохозяйственных угодий и в 2000 раз — с областных участков.

Содержание взвешенных частиц в дождевых водах достигает 80—90 % от общего количества загрязнений окружающей городской среды. Талые воды содержат взвешенных частиц в несколько раз больше. Для разных по характеру застройки и ин-

тенсивности дорожного движения районов крупного города содержание взвешенных частиц в дождевых водах находится в пределах 44 — 13 900 мг/л.

Отличительной особенностью загрязнения вод поверхностного стока является широкий диапазон крупности взвешенных частиц: от гравелистых (2 — 5 мм) до глинистых, коллоидных и чрезвычайно мелких.

Автотранспортные предприятия (автопарки, гаражи, автостоянки, авторембазы, авторемонтные заводы и др.) наряду со взвешенными веществами загрязняют окружающую среду города нефтепродуктами высокой концентрации, горючесмазочными материалами, материалами обработки покрытий при гололеде, моющими и другими веществами. В свое время р. Рейн настолько была загрязнена бензином, машинным маслом и нефтепродуктами, что морякам запрещалось бросать в воду окурки из-за опасности возникновения пожара.

Содержание нефтепродуктов и других эфирорастворимых веществ по разным районам города составляет 6 — 350 мг/л. Нефтепродукты эмульгируются и сорбируются взвешенными частицами, изменяя свой удельный вес, приближая его к единице.

Примером загрязнения поверхностных водоемов может служить состояние Москвы-реки, ихтиофауна которой подвержена сильнейшей эрозии: в реке водятся рыбы-мутанты без глаз, чешуи, плавников, с раковыми опухольями, циррозом печени, без половых органов. В районе Курьяновских сливов вода имеет вид крутого кипятка из-за обилия выделяющихся газов — метана, аммиака, сероводорода. У Бесединского моста содержание нефтепродуктов в плотве составляет в среднем 0,639 мг при санитарной норме 0,005 мг. Содержание цинка в рыбе превышает ПДК в сто с лишним раз, меди — в семь раз, мышьяка — в два раза, свинца — в несколько сот раз. Даже в самом чистом месте — Можайском водохранилище — превышение нефтепродуктов доходит до 60 раз, свинца — до двух. Если такую рыбу будет потреблять человек, то все яды перейдут в его организм. Нефть отложится в жировой клетчатке, тяжелые металлы — в костях.

Итог — сокращение жизни на 10—15 лет, раковые заболевания, цирроз печени и прочие болезни.

При техногенных воздействиях происходит изменение качества воды и нарушение биоценозов водных объектов. Под влиянием антропогенного фактора температура воды возрастает на 1—4 °С, прозрачность уменьшается до 8—20 см, цветность доходит до 55—70 %, величина рН изменяется на 0,2—0,4, количество органических веществ повышается в 2—4 раза, миграция загрязняющих компонентов возрастает с 200 до 465 мг/л, увеличивается концентрация взвешенных веществ.

Любой поверхностный водоем способен к самоочищению. Но без помощи экологов этот процесс может занять несколько десятилетий. При серьезном подходе к делу реальные результаты нормализации качества вод природных водоемов могут быть видны уже через 5 лет.

Эффективной водоохранной мерой, препятствующей переносу вещества и изменению состояния донных отложений, является промывка русла реки паводковыми водами, что позволяет взмутить и смыть значительную часть крупнодисперсных взвешенных веществ и осевших в течение года нефтепродуктов. Так, в результате промывок в 1979—1981 гг. содержание органических веществ и металлов в донных отложениях р. Москвы было значительно снижено.

Другой водоохранной мерой может быть геохимическое картирование водосборной территории, которое позволяет оценить состояние окружающей среды в районе потенциальных источников загрязнения (промзоны предприятий, сельскохозяйственные угодья, рекреационные зоны), установить характер воздействия этих источников на водную систему, выявить загрязненные участки и на этой основе разработать рекомендации по предотвращению загрязнений и ликвидации вредных последствий.

К числу факторов, определяющих условия формирования, качество городской окружающей среды и степень ее пригодности для жизнедеятельности населения, относится техногенное физическое загрязнение.

Показатели, характеризующие *техногенные физические поля*, должны входить в число экологических критериев.