

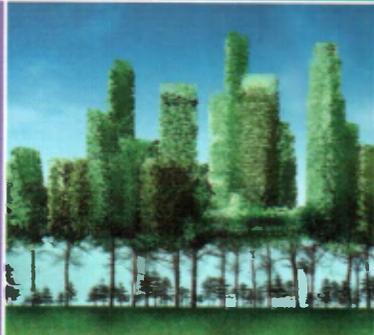
Высшее профессиональное образование

А. Н. Тетиор

# ГОРОДСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

3-е издание

Учебное пособие



Строительство

А. Н. ТЕТИОР

# ГОРОДСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

*Рекомендовано  
Учебно-методическим объединением вузов РФ  
по образованию в области строительства  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по направлению 653500 «Строительство»*

3-е издание, стереотипное



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2008

УДК 574(075.8)

ББК 20.1я73

Т37

Рецензенты:

д-р архитектуры, проф., академик Международной академии информации и Академии проблем качества, советник РААСН, почетный архитектор России, ведущий научный сотрудник ЦНИИПромзданий *Б. С. Истомин*;  
д-р техн. наук, проф. Московского государственного университета природообустройства, заслуженный деятель науки РФ *Г. М. Каганов*

**Тетиор А. Н.**

Т37      Городская экология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. Н. Тетиор. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 336 с.

ISBN 978-5-7695-5656-2

Описаны проблемы и методы создания и поддержания экологической городской среды как комплекса природных, природо-антропогенных и социально-экономических факторов, оказывающих большое воздействие на жителей. Проанализированы пути создания экологических городов с энергоэкономичными, энергоактивными, интеллектуальными зданиями и инженерными сооружениями, экологичными водопотреблением, освещением и вентиляцией. Указаны направления улучшения существующей неэкологичной городской среды: экореконструкция зданий и экореставрация ландшафтов.

Для студентов высших учебных заведений.

УДК 574(075.8)

ББК 20.1я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

© Тетиор А. Н., 2006

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2006

ISBN 978-5-7695-5656-2

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2006

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Благоприятная для людей и природы здоровая среда городов обеспечивает физический, психологический и социальный комфорт жителей, гармоничное и устойчивое социальное и экономическое развитие города. Городская среда представляет собой комплекс природных, природно-антропогенных и социально-экономических факторов, оказывающих большое и разнообразное воздействие на жителей городов. Городская среда жизни человека — это совокупность внутриквартирной жилой среды, искусственной среды вне квартир (предприятий, учреждений, улиц, дорог, транспорта и пр.), среды культурных ландшафтов (парков, садов и пр.), естественной природной среды, а также социально-психологической и социально-экономической сред. Создание экологичной городской среды жизненно важно для человека, поэтому экология городской среды — актуальнейшее направление современной науки.

Города как места сосредоточения основной массы жителей Земли призваны удовлетворять их потребностям и обеспечивать достаточно высокое, экологически обоснованное качество городской среды жизни. Но вместе с тем они являются центрами возникновения основных экологических проблем. В 2001 г. впервые в истории в городах стало жить более 50 % жителей планеты, а к 2030 г. численность жителей городов может в два раза превысить число сельских жителей. В XX и начале XXI вв. стали заметны признаки глобального экологического кризиса, связанного с городами:

рост загрязненности среды многих городов, внесение загрязнений в окружающую город среду и организм человека;

рост площади («расползание») городов и числа жителей, переуплотненность, превращение мегаполисов в ранее неизвестные урбоареалы с числом жителей, достигающим десятков миллионов; вытеснение природы, замена естественного ландшафта в городе на искусственный (культурный или даже мертвый);

отдаление человека от прямых контактов с природой (визуальных, звуковых, обонятельных, осязательных), замена природных сенсорных воздействий на негативные искусственные, сопровождающаяся ростом их интенсивности;

воздействия на естественные биоритмы человека (повышенная ночная освещенность, шум, ночная работа вместо сна и пр.).

Техногенная эволюция городов и их среды двойственна: наряду с описанными признаками кризиса в результате экологизации городов и городских технологий начало возрастать, особенно со второй половины XX в., качество городской среды жизни во многих городах. Повышаются качество городской архитектурно-ландшафтной среды, качество и площадь жилищ, качество и число коммунальных удобств, постепенно сокращаются выделяемые загрязнения, удовлетворяется все более широкий круг потребностей жителей города. Это характерно в первую очередь для развитых стран, но имеет место, хотя и в меньшей степени, и в других странах.

Демографический и экономический рост городов привел к увеличению техногенных воздействий на экосистемы не только вблизи городов, но и на большом удалении от них (к росту их экологического следа). Вследствие этого состояние городской среды во многих растущих промышленных городах ухудшилось. Но эти воздействия, вероятно, были бы более опасны, если бы те же жители городов, с таким же потреблением и производством, жили менее концентрированно в сельских районах. Города, занимая небольшую часть планеты, дают возможность сохранить остальную природу в неприкосновенности. Это позволяет утверждать, что города — будущее человечества; урбанизация не обязательно негативна для экосистем, а при ее экологичности — не только неизбежное, но и в целом положительное явление. Город и городская среда существенно влияют на удовлетворение потребностей жителей, их здоровье и качество жизни. Поэтому экологизация городской среды является в настоящее время жизненно важной потребностью человечества.

## ВВЕДЕНИЕ

«Мы создаем города,  
а города создают нас»  
(Аристотель)

В конце XX и начале XXI вв. наряду с ухудшением состояния среды городов и проявлением ряда признаков экологического кризиса как ответ на него возникли принципиально новые тенденции в социально-экологическом развитии человечества и человеческих поселений. Впервые за свою историю человечество на глобальном экофоруме «Рио-92» пришло к выводу о необходимости перехода мира, стран и городов на путь «устойчивого развития», а специалисты — градостроители, архитекторы, строители — признали возможность устойчивого, экологичного проектирования и строительства городов и стран, которое поддерживало бы их устойчивое развитие. Начались широкие исследования этих проблем.

Были разработаны системы экологической сертификации новых и существующих зданий, нацеленные в первую очередь на создание здоровой среды жизни. Наместились позитивные сдвиги в ряде направлений экологизации поселений и улучшения качества среды жизни (возведение первых экологичных зданий и экокварталов, заметный рост числа зданий с возобновляемой энергетикой, снижение потребления энергии в зданиях, улучшение внутренней среды и др.; некоторые небольшие регионы и отдельные здания с «нулевым» энергопотреблением уже обеспечиваются электроэнергией и теплотой только за счет возобновляемой энергии).

На формирование здоровой и красивой городской среды влияют природная, архитектурно-ландшафтная, социально-экономическая среды (в первую очередь — степень удовлетворения потребностей), вся деятельность в городе (индустрия, транспорт, энергетика и пр.). Поэтому город, в котором решены проблемы экологии городской среды, — это город, находящийся в экологическом равновесии с природой, город с плотной застройкой, экологичными зданиями и инженерными сооружениями, экологически красивой архитектурно-ландшафтной средой, экологически эффективной индустрией, решенными экологическими проблемами энергетики и транспорта, экологически ответственной и социально гармоничной культурой, красивым и функционально привлекательным пейзажем. Решение проблем экологии городской среды допустимо только в пределах местных экосистем.

Экология городской среды представляет собой комплексную науку о проблемах и путях совершенствования городской среды. Решение широкого круга этих проблем зависит от уровня экологического образования всех участников процесса ее создания (руководства города, инвесторов, архитекторов, строителей, жителей), научных исследований, субсидирования, участия граждан и степени их информированности. Важнейшие задачи при этом таковы:

объединение социальных, экономических и экологических факторов создания экологичной городской среды;

обеспечение высококачественной экологической инфраструктуры в городе и вокруг него для поддержания качества среды жизни;

экологизация архитектурно-ландшафтной среды города с целью удовлетворения потребностей жителей при одновременном достижении состояния экологического равновесия;

экологизация энергетики, промышленности, транспорта, водопотребления, производства отходов и др.;

экологизация потребностей жителей и привитие всем участникам процесса формирования городской среды основ экологической этики.

В мире, в том числе и в России, до сих пор есть множество препятствий на пути создания здоровой, экологичной городской среды. В целом явления глобального экологического кризиса не преодолены, урбанизация планеты пока не привела к созданию экологичных городов, предоставляющих жителям среду высокого качества, удовлетворяющих их потребностям и в то же время находящихся в равновесии с природой. Территории многих городов и число их жителей постоянно растут, из мегаполисов урбанизированные территории превращаются в урбоареалы. Часть городов остается пока в состоянии, не обеспечивающем даже минимально необходимого качества жизни. Потребности современного города зачастую находятся в противоречии с потребностями природы.

В России и других странах развивается концепция создания города с экологичной средой, но у исследователей и разработчиков такого города нет единой концептуальной идеи. Некоторые исследователи полагают, что будущий экологичный город — это компактный город, так как плотное расселение позволяет снизить загрязнения от автотранспорта, обеспечить пешеходный доступ ко многим местам и надежно сохранить часть природы в естественном состоянии. Но для этого необходим рост городов по вертикали, ведущий к их компактности. Другие разработчики экологичных городов считают, что рост этажности должен быть ограничен, а важные для здоровой среды транспортные проблемы надо решать путем устройства густой сети общественного (в основном

подземного) электротранспорта. Активно развиваются отдельные направления экологизации городской среды: использование экологических материалов, возобновляемых источников энергии, подземное строительство, биоархитектура, фитомелиорация и пр. Пока еще нет образцов широкого использования комплекса экологических решений для крупных и средних городов, но в России уже есть примеры совершенствования среды малых городов.

Необходимо комплексное решение проблемы создания экологичной городской среды, включающее в себя экологическое воспитание населения, формирование чистой внутренней среды, экономию энергии, воды и т. д. Все эти вопросы взаимосвязаны. Массовая экологизация городской среды должна происходить путем «замещения» прежних неэкологических зданий и сооружений, территорий и технологий экологичными (в противоположность тому, как ранее вытеснялась природная среда), постепенной эко-реконструкции, объединенной с экореставрацией ландшафтов, с учетом сохранения существующей структуры города.

Уже давно в разных странах были сделаны первые простые шаги по совершенствованию среды городов (сокращение загрязнений, озеленение и пр.), которые привели к ее существенному улучшению. Но во многих слаборазвитых странах среда городов загрязнена, а качество жизни далеко от нормы. Бывший директор Центра ООН по населенным пунктам К. Топфер отмечал в конце XX в., что в настоящий период происходит «урбанизация нищеты», не менее 600 млн жителей городов в развивающихся странах живут в домах исключительно низкого качества, причем до половины населения этих стран обитает в трущобах. Множество экологических проблем, сопровождающих эволюцию поселений, не снижается.

В условиях экологического кризиса природа отступает под техногенным давлением. Для восстановления экологического равновесия между застроенной и природной средами некоторые исследователи предлагают нереальный путь значительного сокращения площади антропогенно измененных и застроенных земель, возвращения около трети освоенных и загрязненных территорий в естественное состояние. Такой возврат невозможен при наблюдающемся увеличении урбанизированных территорий и росте населения. Автор видит решение указанной проблемы в экологизации урбанизированных территорий, устойчивой экологичной реконструкции мест расселения, реставрации нарушенных ландшафтов. Все это позволит создать принципиально новые экологичные объекты, родственные природе и включенные в естественные экосистемы, что постепенно приведет к восстановлению нарушенного равновесия и остановит отступление природы. Такое принципиальное положение делает актуальной задачу создания экологичной среды жизни. Она связана с сохранением всей природной среды и, следовательно, жизни на Земле.

Проблема экологизации среды городов отличается исключительной сложностью. Очевидно, что экологизация должна быть длительной и непрерывной, многоуровневой, разнообразной, зависящей от географического положения и климата, наличия и многообразия ресурсов, экономики, ландшафтов, степени освоенности территорий, этнических традиций и предпочтений и пр. В ее основе должны лежать создание и бесконечно длительное сохранение высокого, экологически обоснованного качества среды жизни при поддержании необходимого соотношения между освоенными и естественными территориями и достижении экологического равновесия между урбанизированной и природной средами.

Можно полагать, что экологизация городской среды — это иерархическая система (от глобальной до локальной) знаний, мероприятий и решений по сохранению среды жизни, поддержанию экологического равновесия, сокращению негативных воздействий человеческой деятельности на природную среду и постепенному переходу к «мягкому» взаимодействию, направленному на сохранение и восстановление природы и среды жизни, с использованием природосберегающих и природовосстанавливающих методов хозяйствования, повышением эффективности использования ресурсов и преимущественным потреблением возобновляемых ресурсов. При этом в круг системно рассматриваемых объектов экологизации могут войти: все компоненты нарушенных природных ландшафтов — атмосфера, литосфера, гидросфера, биосфера; весь комплекс охраняемых природных территорий; вся техносфера, все направления человеческой деятельности, в том числе архитектура, строительство, развитие промышленности, энергетики, транспорта, водоснабжение, удаление и переработка отходов; социально-психологическая и социально-экономическая среды; экологичное удовлетворение потребностей жителей. Идеологической базой экологизации городской среды должны быть экологические постулаты — экологические законы, правила и принципы.

Важным направлением экологизации среды города является достижение экологически обоснованного соотношения между освоенными и естественными территориями, установление «нормативов» потребной одному человеку, городу или стране территории и ресурсов. Организация «Друзья Земли» в Нидерландах предложила новую концепцию «природного пространства» как предельных для каждого государства и одинаковых для каждого жителя Земли норм глобального расходования невозобновляемых ресурсов, глобального загрязнения окружающей среды, предельных норм мировых площадей сельскохозяйственных земель и лесов. При соблюдении этих норм не будет нанесен ущерб последующим поколениям, которые получают доступ к таким же объемам

природных ресурсов, какими пользуется нынешнее поколение. Многие исследователи выполняют глубокий анализ экологичности строительных материалов, в том числе с учетом добычи и удаления в отходы сопутствующих объемов материалов (так называемого «экологического рюкзака»). Активно исследуется проблема экологического следа (footprint) — территории, позволяющей полностью удовлетворить нужды одного человека (или поселения, большого города) вплоть до поглощения отходов и зависящей от степени экологичности деятельности и потребления, которая в развитых странах в 10—20 раз выше, чем в развивающихся. Некоторые развитые страны зависят от территорий, удаленных на большие расстояния, что по-новому ставит проблему устойчивости их развития. Как показывают некоторые исследования, в конце XX в. экологический след человечества превысил приблизительно на 15 % возможности планеты.

Данная ситуация осложняется тем, что развитие мира объективно неустойчиво, его социально-экологическая система должна постоянно адаптироваться как к природным, так и к антропогенным (социальным, экологическим и пр.) негативным воздействиям, чтобы поддерживать динамичную устойчивость без принципиального ухудшения функций. Для этого должны сохраняться безусловные факторы поддержания природы, экологического равновесия, устойчивости среды жизни.

Здоровые, устойчиво развивающиеся, экологичные и красивые города со здоровой городской средой — это будущее человечества. Перед специалистами — градостроителями, архитекторами и строителями — стоят две важнейшие задачи: создать высокое качество городской среды жизни и одновременно обеспечить экологическое равновесие между городами и природой. Для решения этих задач им необходимо обладать соответствующими знаниями и быть сторонниками идей экологизации городов. Эти задачи должны успешно решаться и для небольших поселений с невысокими домами, и для компактных городов с высокими зданиями, и для мегаполисов с небоскребами. Новая комплексная наука — экология городской среды — должна помочь решить проблемы создания и поддержания среды высокого качества в городах.

Современные сведения об экологии городской среды, ее проблемах и их решениях изложены в предлагаемом читателю учебном пособии. Оно предназначено в первую очередь для студентов строительных специальностей «Промышленное и гражданское строительство» и «Природоохранное обустройство территорий», может быть полезно студентам всех других строительных специальностей высших учебных заведений, а также градостроителям, архитекторам, инженерам-строителям, научным работникам, сотрудникам префектур.

# 1 | УРБАНИЗАЦИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ГЛАВА | ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

## 1.1. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ СРЕДЫ ГОРОДОВ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УРБАНИЗАЦИИ ПЛАНЕТЫ

В течение многовековой урбанизации планеты методом проб и ошибок осуществлялись и совершенствовались градостроительные решения. Чаще всего они определялись существовавшей общественно-экономической формацией, уровнем социально-экономического, культурного и научного развития стран, жители же получали далеко не идеальную среду города с загрязнениями, неравенством в качестве жизни. При этом мечтой всех участников процесса урбанизации, в том числе градостроителей, архитекторов и жителей, были города с идеальной средой жизни. Единого представления о таких городах не существовало. Их видели и малыми городами, и крупными динамичными мегаполисами, и небольшими озелененными «городами солнца», и гигантскими городами со стеклянными небоскребами. Урбанизация планеты прошла длинный исторический путь — от первых малых поселений до грандиозных урбоаралов (табл. 1.1).

Первые человеческие поселения имели самую простую среду, служившую для удовлетворения первоочередных потребностей (в жилище, в продолжении рода, защите от врагов и пр.), и не создавали каких-либо неразрешимых социальных и экологических проблем, связанных с взаимоотношениями внутри общества и с природной средой. В поселениях соблюдалось равноправие с точки зрения размеров и качества жилья, доступа к ресурсам. Для своего первого жилья человек использовал естественные пещеры и искусственные постройки, напоминавшие увиденные им объекты живой или неживой природы: гнезда, естественные гроты и т. п. Так появились шалаши, а затем жилища, поднятые над поверхностью земли на сваях.

Первобытные жилые дома строились из доступных природных материалов — травы, листьев, глины, кустарника, шкур и костей животных. Прослужив небольшое время, эти хижины покидались людьми при очередной перекочевке, затем они усваивались природой как любые органические материалы. Экологическое равновесие поддерживалось стихийно путем кочевки племен после ис-

черпания растительных и животных ресурсов на месте прежнего обитания либо за счет удаления мест проживания друг от друга на расстояние, достаточное для устойчивого обеспечения потребностей. Ухудшение среды поселений ввиду возрастания объема отходов заставили человека задуматься об изменении технологий их удаления.

Начало экологизации городской среды восходит к появлению на Земле первых урбанизированных ландшафтов — поселений,

Таблица 1.1. История урбанизации (эволюции поселений)

| Вид поселения            | Характеристика поселения (его примеры)   | Время возникновения                                     |
|--------------------------|--|---|
| Поселок                  | Поселение на 50... 100 чел. (множество поселений в долине Нила)  | Десятки тысяч лет назад                                 |
| Малый город              | Город с населением в несколько тысяч человек (город Эриду в Шумере — древней стране на юге современного Ирака)   | Около 4000 г. до н. э.                                  |
| Город                    | Город с населением до 50 тыс. чел. площадью 5... 8 км <sup>2</sup> (города в Шумере)   | Около 3500 г. до н. э.                                  |
| Крупный город            | Город с населением свыше 1 млн чел. (Рим)  | 44— 10 гг. до н. э.                                     |
| Мегаполис                | Город с населением свыше 10 млн чел. и площадью до нескольких тысяч квадратных километров (Нью-Йорк, Мехико)   | XX в.   |
| Агломерация              | Система населенных пунктов, соединившихся вокруг мегаполисов (Бомбей, Буэнос-Айрес, Карачи)  | Конец XX в.   |
| Урбанизированный ареал   | Объединение крупных агломераций, в которые входят смыкающиеся окраинами крупные и мелкие города (около 500 городов от Бостона до Вашингтона, в которых проживает 20 % населения США) | Конец XX в.   |
| Урбанизированная страна  | Страна с полностью исчезнувшими естественными ландшафтами, которые заменены культурными (Англия, небольшие страны Западной Европы)   | XX— XXI вв.   |
| Урбанизированная планета | Вытеснение природы, исчезновение биоразнообразия   | Маловероятное событие при движении к устойчивым городам |

жилой и культовой застройки. Они располагались среди природных ландшафтов — важнейших факторов расселения людей. Первые поселения возникли вслед за земледельческой революцией, одомашниванием животных и растений. Нужно было содержать животных в ограде, для чего делали кольцевое ограждение в центре поселения. Вокруг кольцом располагали хижины, снаружи огражденные крепкой изгородью для защиты от нападения хищников и врагов (отсюда название «город»). Первые города появились примерно через 1000 лет после одомашнивания животных. Тогда же возникли первые социально-экологические проблемы городской среды: социальное неравенство в виде жилых домов разного размера и разного качества жизни, нерешенные проблемы отходов и загрязнений.

В целом качество среды жизни в первых поселениях было очень низким, но уже в самых древних городах человек пытался доступными методами повысить его: улучшалась визуальная среда, создавались монументальные произведения архитектуры, использовались озеленение, улучшенные технологии канализации, санации тела и т. д. Так, на острове Крит была обнаружена ванна и труба из терракоты (около 2000 г. до н. э.). Во дворце ассирийского царя Саргона II (VII в. до н. э.) была найдена уборная с кувшинами для слива воды возле каждого стульчака. В Древнем Риме в 312 г. до н. э. были построены первые акведуки, причем отдельно для более чистой и менее чистой воды. Были сделаны общие бани и частные бани для богатых. Уборные в Риме имели сливы от ручья (подобие современной канализации). По желобам вода от ручья шла под стульчаками из мрамора со скульптурными кронштейнами. Рядом располагались фонтаны, статуи богов. В уборных люди беседовали, обменивались новостями. Загрязненная вода стекала в Тибр через канализационный коллектор, остававшийся единственным в Европе вплоть до XIX в. [7].

В Древней Индии был создан устный свод строительных правил «Шильпаштра», имевший некоторую экологическую направленность: в каждом поселении надлежало выполнить функциональное зонирование (соответствующие участки отводились под жилье, храмы, парки, резервуары воды и др.). Регламентировались высота зданий, их назначение, материал стен; при размещении зданий учитывались господствующее направление ветра, красная линия застройки.

Первый трактат о строительном искусстве «Десять книг об архитектуре» был написан римским архитектором и инженером Витрувием примерно в 27 — 17 гг. до н. э.

Города Двуречья (VI—VII вв. до н. э.) озеленяли по периметру, высаживая растения в специальные ямы в каменных платформах, заполненные растительным грунтом. «Висячие сады» Семирамиды, возведенные во время правления Навуходоносора II (605 —

562 г. до н. э.), имели вид террас, возвышавшихся одна над другой. Террасы опирались на каменные столбы, на которых монтировали каменные плиты, залитые свинцом. Далее укладывали слой пропитанного битумом тростника, затем — двойной слой кирпичей, а на него — растительный грунт толщиной 1...2 м. На нижних террасах были высажены деревья, на верхних — кустарники и цветы. Идея висячих садов затем была плодотворно использована в Персии, Италии, России, а сейчас в немного измененной форме применяется во всем мире при устройстве кровель-газонов.

Улучшение визуальной и звуковой среды городов было связано со строительством храмов. Храмы и некоторые уникальные общественные здания наряду с особняками самых богатых жителей были наиболее красивыми сооружениями городов. На их фоне однообразно и негативно выглядели кварталы грязных и бедных домов основной массы жителей.

В античной Греции и Древнем Риме улучшению городской среды способствовали священные рощи с храмами и источниками воды, городские сады при общественных учреждениях (банных, театрах), спортивные парки с ипподромами, многочисленные частновладельческие усадьбы, как правило, с атриумно-перистильными жилыми домами с внутренним двором, в котором были источник воды и сад. Приближение природы к дому, выполненное с использованием разнообразных решений, приятных для глаз, было правилом хорошей архитектуры.

Примером города, находившегося в гармонии с окружающей природой, может служить Антиохия (IV в. н.э.) на территории современной Сирии. «...Гора тянется около города... но тем, кто живет под нею, ничто не угрожает от подобного ее соседства, а все прелести весны — источники, травы, сады, ветерки, цветы, голоса птиц — достаются на их долю раньше, чем всем остальным... И эта часть города кончается во многих местах цветущими садами, которыми окаймлены берега...» — так описывал Антиохию современник.

В России в XVI—XVIII вв. центром архитектуры и садового искусства являлась Москва. В Кремле были устроены висячие (красные) верховые сады на уровне второго этажа на сводах хозяйственных построек, примыкавших к жилым помещениям. Новые направления в архитектуре, градостроительстве, ландшафтном искусстве появились в эпоху Петра I. Великолепные дворцово-парковые ансамбли были созданы в окрестностях Санкт-Петербурга — в Царском Селе (Екатерининский и Александровский парки), Петергофе (рис. 1.1), Ораниенбауме и других местах. При строительстве максимально сохраняли ландшафт, вплоть до отдельных деревьев, частично перепланировывали и заменяли насаждения, использовали природные пруды, реки и озера, устраивали фонтаны, подпорные стены, террасы.

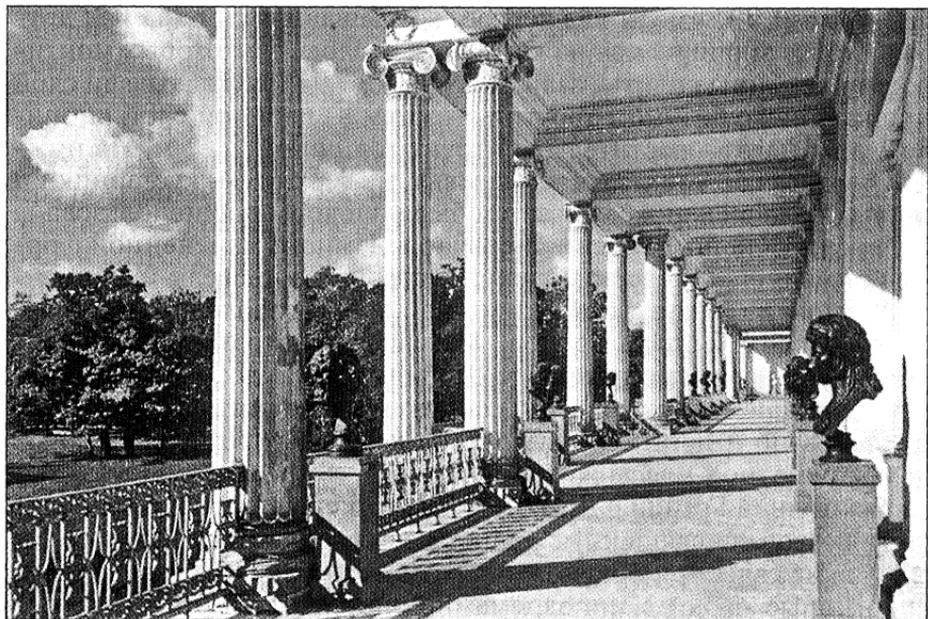


Рис. 1.1. Одно из вписанных в природу зданий Петродворца

По мере роста городов нарастали экологические и социальные проблемы. Архитекторы и строители древних городов, выполняя заказ богатой части общества, создавали красивые здания — дворцы, соборы, виллы, стадионы, общественные бани и т.д. Однако общечеловеческая ценность многих трудоемких и гигантских сооружений (например, знаменитых пирамид) была ничтожна. Сохранившиеся до сих пор здания, покрытые сплошной каменной резьбой или каменными скульптурными изображениями, и сейчас вызывают восхищение, подавляют своим величием. Вид центральной части ряда городов древности был архитектурно весьма выразителен. Вместе с тем основная часть населения жила в простейших и мало приспособленных для жилья зданиях. Качество среды жизни в «клетках для жилья» с открытым очагом и домашними животными было исключительно низким.

Проблемы качества городской среды, подобные современным, возникли еще в начале II в. н.э. Исследования египетских мумий показали, что их легкие засорены копотью масляных светильников и частицами песка. В Риме Юлий Цезарь провел закон, разрешивший повозкам двигаться только в специально отведенное время суток в связи с перегрузкой улиц гужевым транспортом. Н. М. Карамзин писал, что в Париже из-за шума «выспаться... можно не иначе как за большие деньги. <...> Французы... мастерски прыгают с камня на камень и прячутся в лавки от скачущих карет». В про-

шлые века загрязнение среды в городах было, видимо, не меньше современного загрязнения, улицы были узкими и грязными, заполненными мусором. В XVIII в. на Красной площади и улицах Москвы лежал толстый слой навоза от многочисленных лошадей. В начале XIX в. Кельн считался одним из трех самых грязных городов мира наряду с Калькуттой и Стамбулом. Чтобы не чувствовать запах нечистот, стекающих по улицам Кельна, французские солдаты, расположившиеся в городе, закрывали носы платками, пропитанными одеколоном (что в переводе означает «кельнская вода»).

Первым городом с населением в миллион человек стал Рим в 44—10 гг. до н. э. В период своего расцвета имела миллионное население древняя столица Камбоджи Ангкор-Тхом (XII в. н. э.). В настоящее время от этого города остался только комплекс храмов, украшенных сплошной резьбой по камню. Плотность населения в городах из века в век нарастала и сейчас достигла очень высоких значений. Абсолютный рекорд плотности в отдельных районах принадлежит Гонконгу — 1 500 000 чел. на 1 км<sup>2</sup>. В Мехико плотность населения составляет 21 000, в Буэнос-Айресе — 14 900, в Нью-Йорке — 13 200, в Москве — около 12 500 чел. на 1 км<sup>2</sup>. К сожалению, плотность населения в Москве растет, чему способствуют увеличение высоты жилых домов, возведение жилых небоскребов.

Как правило, отсутствие учета комплекса факторов развития города (экологических, социальных и др.) приводило к неудачным градостроительным решениям. В течение многих веков отношение строителей к природной среде было потребительским. В результате сформировалась привычная городская среда: многоэтажные здания-параллелепипеды с редким озеленением отдельных балконов и лоджий; невыразительное сплошное остекление фасадов; угнетаемая загрязнениями растительность в парках, скверах, на улицах; загрязненные водоемы; большие, покрытые непроницаемым слоем асфальта улицы и площади, заполненные автомобилями; заводы с многочисленными дымовыми и выхлопными трубами, стоками шлама и других отходов; «шапки» смога при отсутствии ветра. Природный комплекс города загрязнен и почти неспособен к воспроизводству кислорода, естественной самоочистке, поэтому нуждается в больших природных прилегающих площадях, без которых город не сможет существовать. Природная среда в таком стрессовом состоянии становится вредной для человека.

Растущие города, поглощая пригодные для сельского хозяйства территории, перерождаются в гигантские мегаполисы и урбоареалы. Они становятся источниками необратимых, не перерабатываемых природой загрязнений и недостаточно приспособлены для создания необходимых человеку условий проживания (чистый воздух и вода, озеленение, достаточная инсоляция, время солнечного облучения, отсутствие шума, небольшая плотность

жителей и т. д.). Вместе с тем в городах развитых стран повышается качество квартир, их площадь, объем предоставляемых коммунальных услуг, уровень удобств, улучшается качество среды, снижается ее загрязненность.

Как правило, жилые дома, производственные здания, инженерные сооружения проектируются и строятся без учета их функционирования в естественной природной среде: здания бионегативны, они вносят в природную среду все виды загрязнений, в том числе и эстетическое. Плохо используется ландшафт, здания немасштабны природному окружению, материал иногда бионегативен, отходы слабо утилизируются, энергия естественных источников почти не используется. При урбанизации территорий человек исходил из неверного представления о неисчерпаемости природных ресурсов, о возможности самоочищения после загрязнения атмосферы, гидросферы, литосферы, о беспредельной терпимости биосферы к сокращению естественных ландшафтов.

Площадь занятой городами и разнообразными инженерными сооружениями земли растет. В городах почвенно-растительный слой практически исчезает под застройкой и исключается из важнейшего круговорота веществ, из экологического цикла. Специальные исследования кризисного роста городов показали, что в течение трех-четырех веков многие города превратились из небольших поселений в мегаполисы с населением до 10 млн чел.

Крупной проблемой урбанизации является отсутствие стабилизации роста, постоянное расширение территории при недостатке исследований и разработок по решению урбоэкологических проблем больших городов (табл. 1.2). Если города растут и этот рост в целом благоприятен для жителей, стремящихся жить в городах, то задача современных архитекторов и строителей — сделать все поселения, в том числе и крупные растущие города, устойчивы-

Таблица 1.2. Прогноз потребности увеличения площадей, занятых городами в ряде стран Европы

| Страна         | Площадь                     |                         |            |
|----------------|-----------------------------|-------------------------|------------|
|                | общая, тыс. км <sup>2</sup> | необходимая для городов |            |
|                |                             | тыс. км <sup>2</sup>    | % от общей |
| Бельгия        | 30,5                        | 54,0                    | 173        |
| Дания          | 43,1                        | 18,0                    | 41         |
| Франция        | 547,0                       | 196,0                   | 31         |
| Нидерланды     | 40,8                        | 62,0                    | 152        |
| Великобритания | 244,0                       | 224,0                   | 92         |

ми, здоровыми, экологичными и красивыми, используя решения архитектурно-строительной экологии, устойчивого строительства, сохранения среды жизни на базе устойчивой экологической инфраструктуры.

Уже сейчас в ряде стран очень высок процент занятой городами территории: в Бельгии — 28 %, в Англии — 12 %, в Дании — 11 %. Такие большие урбанизированные территории недопустимы с точки зрения поддержания экологического равновесия между городами и природой. Плохо управляемое социально-экологическое развитие городов привело к росту негативных воздействий на природную среду (табл. 1.3). Урбанизация в настоящее время является одной из главных мировых демографических тенденций. Городское население увеличилось в период с 1990 по 2000 г. примерно с 0,2 до 2,9 млрд чел. Число городов с населением более 1 млн чел. за тот же период возросло с 17 до 388 (табл. 1.4). Города занимают несколько процентов территории суши, но в них живет почти половина населения мира.

Урбанизация привела к созданию новой, не известной ранее «застроенной среды» планеты, имеющей, как считается, наибольшую материальную ценность для всех стран мира [21]. При этом, несмотря на негативные воздействия урбанизации, экосистемы во многих городах и вокруг них еще могут обеспечивать достаточно высокий уровень биоразнообразия, производства продовольствия, снабжения водой, комфорта, удобств, культурных ценностей и т. д.

Вместе с тем возникло множество проблем городской среды (урбанистических, архитектурно-строительных, технологических, социальных, экологических), связанных с развитием процесса урбанизации. Среди них рост числа и размеров городов, населения, промышленности и транспорта. В связи с миграцией сельских жителей в города постоянно изменяется соотношение между городским и сельским населением. Растут процент городского населения, размеры городов и их число (табл. 1.5, см. также табл. 1.4). При этом процент городского населения существенно меняется в различных регионах мира. Самое высокое значение достигнуто в наиболее экономически развитых странах Северной Америки и Европы — свыше 70 %, самое низкое — в Азии и Африке (табл. 1.6). Впервые в истории Земли постепенное слияние пригородов крупных и небольших городов привело к образованию урбанизированных ареалов — гигантских скоплений городов длиной в сотни километров. Наиболее протяженная в настоящее время городская застройка «Босваш» (Бостон — Вашингтон) объединила (поглотила) около 500 городов, в которых проживает почти 20 % населения США (около 45 млн чел.). В ночное время эта территория видна со спутников Земли как почти сплошное светящееся пятно. Таких урбоареалов в мире уже свыше 10, каждый из них поглотил до 30—40 агломераций.

Таблица 1.3. Воздействия городов на природную среду

| Воздействие  | Последствия   |  |   |   |   |
|--|---|--|---|---|---|
|  | для почвы   | для растительности   | для животного мира  | для воздуха   | для воды  |
| Сокращение площади почвенно-растительного слоя       | Повышение удельной антропогенной нагрузки, деградация   | Повышение удельной антропогенной нагрузки, сокращение разнообразия, деградация | Исключение экологических ниш, сокращение разнообразия, вытеснение, гибель | Сокращение очистки, ухудшение состава                   | Ухудшение самоочистки, состава                        |
| Антропогенные наносы (культурные слои)               | Изменение состава, нарушение самоочищения, деградация   | Ослабление роста и ускорение процессов старения и отмирания                    | Угнетение жизнедеятельности почвенных микроорганизмов                     | То же   | То же   |
| Покрытие почвы непроницаемым слоем при строительстве | Полное прекращение круговорота веществ  | Гибель всей растительности   | Гибель всего животного мира — редуцентов и др.                            | Ухудшение состава воздуха ввиду прекращения круговорота | Ухудшение состава и свойств, концентрация загрязнений |
| Загрязнение насыпных почв, создание свалок           | Изменение структуры и свойств, накопление особо опасных перерабатываемых веществ, исключение самоочищения | Концентрация загрязнений, ухудшение свойств, деградация                        | Обеднение биоты, вытеснение из экологических ниш, гибель                  | Загрязнение, ухудшение состава и свойств                | Загрязнение, ухудшение состава и свойств              |

|   |  |  |  |  |   |
|---|--|--|--|--|---|
| Поглощение городом не возвращаемой в природу органической массы         | Нарушение геохимического цикла, разрушение структуры, гумуса     | Уменьшение содержания питательных веществ в почве          | Угнетение жизнедеятельности почвенной микрофлоры | Сокращение самоочищения воздуха, его загрязнение                   | Сокращение самоочищения воды, загрязнение                                     |
| Вытаптывание, уплотнение почв   | Нарушение структуры, свойств, переплотнение                      | Угнетение и гибель растительности                          | Сокращение жизнедеятельности микрофлоры          | То же  | То же   |
| Перегрев почв летом, повышение температуры и снижение влажности воздуха | То же, гибель почвенных организмов                               | То же, гибель почвенной микрофлоры                         | Гибель почвенной микрофауны                      | То же  | То же   |
| Поступление загрязнений в воздух и воду                                 | Загрязнение почв, изменение их физического и химического состава | Угнетение растительности, концентрация загрязнений, гибель | Отравление животных, болезни, гибель             | Сокращение способности к самоочистке, негативное изменение свойств | Попадание загрязнений с осадками в воду, сокращение и исключение самоочищения |
| Шумовое загрязнение   | —  | Угнетение растительности                                   | Угнетение, гибель животных                       | То же, из-за угнетения флоры                                       | То же   |

Таблица 1.4. Эволюция городов

| Показатель  | 1800 г. | 1900 г. | 1950 г. | 2000 г. |
|---|---------|---------|---------|---------|
| Число городов-миллионеров:                                      |         |         |         |         |
| всего в мире  | 2       | 17      | 85      | 388     |
| в Африке  | 0       | 0       | 2       | 35      |
| Азии  | 1       | 4       | 31      | 195     |
| Европе  | 1       | 9       | 29      | 61      |
| Латинской Америке   | 0       | 0       | 7       | 50      |
| Северной Америке  | 0       | 4       | 14      | 41      |
| Океании   | 0       | 0       | 2       | 6       |
| Региональное распределение 100 самых больших городов, %:        |         |         |         |         |
| Африка  | 4       | 2       | 3       | 8       |
| Азия  | 65      | 22      | 36      | 45      |
| Европа  | 28      | 53      | 35      | 15      |
| Латинская Америка   | 3       | 5       | 8       | 17      |
| Северная Америка  | 0       | 16      | 16      | 13      |
| Океания   | 0       | 2       | 2       | 2       |
| Среднее число жителей 100 самых больших городов мира, тыс. чел. | 187     | 725     | 2100    | 6200    |

Нетрудно представить всю сложность сохранения природной среды внутри такой застройки без специальных мероприятий по поддержанию, сохранению и восстановлению естественной среды в городах. При дальнейшем росте урбоареалов целые страны могут превратиться в урбанизированные территории. Первыми в этом процессе могут стать некоторые страны Западной Европы.

С целью сдерживания роста площади городов архитекторы и строители увеличивают высоту зданий, более плотно размещают их в плане, заменяют устаревшие малоэтажные дома на новые, гораздо более высокие. Это рождает новые экологические проблемы, связанные с повышением плотности жителей, дальнейшим их отрывом от природной среды, более концентрированным антропогенным воздействием города на оставшуюся природную сре-

Таблица 1.5. Распределение поселений по видам поселений (по данным на 2000 г.)

| Вид поселений                           | Население |      | Процентное распределение городского населения |
|---|-----------|------|---|
|   | млн чел.  | %    |   |
| Города                                  | 2862      | 47,2 | 100,0   |
| В том числе с числом жителей, млн чел.: |           |      |   |
| 10 и более                              | 225       | 3,7  | 7,9   |
| от 5 до 10                              | 169       | 2,8  | 5,9   |
| от 1 до 5                               | 675       | 11,1 | 23,6  |
| от 0,5 до 1                             | 290       | 4,8  | 10,1  |
| менее 0,5                               | 1503      | 24,8 | 52,5  |
| Сельские поселения                      | 3195      | 52,8 | —   |

ду. Негативны и многие другие современные мировые тенденции урбанизации, свидетельствующие о наличии явных признаков кризиса: рост числа жителей трущоб, загрязнение и деградация почвы, гибель тропических лесов и др.

Идеям экологизации противоречит целый ряд кризисных явлений:

отступление природной среды при застройке и невозможность сохранения экологического равновесия между городскими и прилегающими естественными территориями. Это ведет к снижению

Таблица 1.6. Процент городского населения в регионах мира

| Регион            | Городское население, млн чел. | Процент городского населения |
|-------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Африка            | 295                           | 37,2                         |
| Азия              | 1376                          | 37,5                         |
| Латинская Америка | 391                           | 75,4                         |
| Северная Америка  | 243                           | 77,4                         |
| Европа            | 534                           | 73,4                         |
| Океания           | 23                            | 74,1                         |
| Всего в мире      | 2862                          | 47,2                         |

качества среды в городах, уменьшению биоразнообразия, сокращению способности природной среды к абсорбции загрязнений и самоочистке, гибели природы;

загрязнение городской среды веществами, отрицательно влияющими на здоровье человека и состояние природы;

увеличение разрыва между жителями городов и естественной природной средой, ее замена на полностью или частично искусственную городскую среду; отрыв жителей от естественной природы;

растущее разобщение жителей городов при использовании современных архитектурно-планировочных мероприятий (высокие здания, индивидуализация жилищ, отсутствие мест для общения, поощрение индивидуализма во всем — от передвижения на индивидуальных автомобилях до индивидуальных коттеджей за высокими заборами);

гигантизм зданий и сооружений, негативно влияющий на их визуальное восприятие и увеличивающий отрыв жителей от естественной среды. Возможно, что эта негативная тенденция свидетельствует о недостаточной проработанности экологических решений, так как человек никогда не жил на большом удалении от земли;

энтропийность искусственных объектов города, их отторжение природой, принципиальное отличие от негэнтропийных объектов живой природы, включаемых в экосистемы как родственные ей объекты;

создание непреодолимых разрывов в естественных ландшафтах, стальных и железобетонных границ на путях миграции животных, распространения растений;

неэкономное использование при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений невозобновляемых ресурсов, естественных технологий (например, при вентиляции, освещении); незначительное использование экономичных конструктивных (пространственных) и технологических решений, энергоэкономичных и энергоэффективных зданий;

отсутствие стремления к сбережению поверхности земли и почвенно-растительного слоя при застройке, к предохранению этого слоя от герметичного покрытия, ведущего к омертвлению ландшафта;

бионегативность поверхностей (бетон, сталь, стекло и др.) зданий, сооружений в городе, отторжение этими поверхностями живой природы, отсутствие специальных ниш, «скворечников» для создания условий жизни живой природы в городах и зданиях;

неэкономное отношение к возобновляемым ресурсам — воде, воздуху, недостаточное внимание к сокращению отходов, их возврату в ресурсный цикл и использованию более долговечных, не требующих быстрой замены материалов и изделий;

отсутствие планируемого движения к созданию здоровых и красивых городов, положительно воспринимаемых жителями и способствующих не только формированию здоровой среды, но и гармонизации среды жизни и даже снижению преступности;

отсутствие согласования потребностей жителей городов с возможностями природно-ресурсного потенциала территорий, экологизации всех потребностей — от биологических до трудовых и этнических;

малое число экологичных, красивых и здоровых городов или кварталов, которые воспитывали бы жителей своей средой и позитивно воздействовали бы на них подобно красивой естественной природной среде. Эти города и кварталы могли бы стать своеобразными «центрами кристаллизации» экологичного развития, от которых оно распространялось бы на прилегающие территории.

Деградация экосистем особенно велика вокруг больших индустриальных городов с интенсивным транспортом. Контроль воздушного и водного загрязнений привел к росту качества воздушной и водной сред в городах и вокруг них в некоторых развитых странах, но при этом возникли новые проблемы перемещения загрязнений в пространстве и во времени. Ряд исследователей полагает, что в ходе экономического развития страны смогут решить экологические проблемы своих городов. Перевернутая U-образная оптимистическая кривая лауреата Нобелевской премии по экономике С. С. Кузнецца (США) демонстрирует постепенный переход от роста воздействий на природу к их снижению в процессе экономического развития городов передовых стран (рис. 1.2). Но пока урбанизация привела к глубоким изменениям в природе и в среде жизни человека. Проблема в том, что городские экосистемы — это функционально не полные экосистемы. Города — интенсивные потребители энергии, места концентрированного преобразования и потребления материалов. Биологически продук-

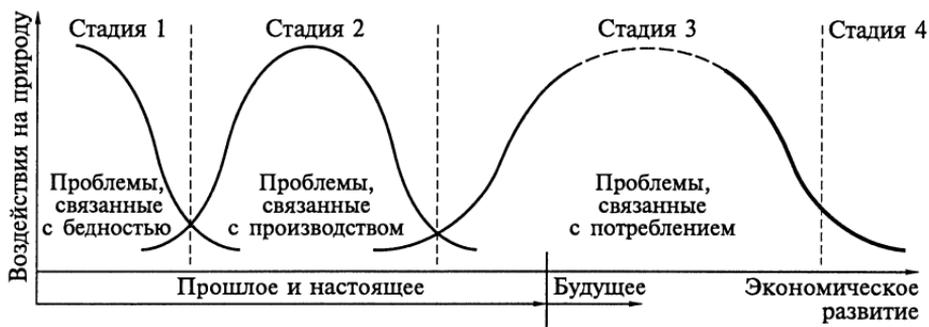


Рис. 1.2. Оптимистическая стадийная модель эволюции городов

тивная часть экосистем, которая «выдерживает» и человека, и индустриальный метаболизм города, расположена на удалении от города — в сельских районах, океанах и других малообитаемых местах.

В настоящее время в связи с бурным ростом мегаполисов в слаборазвитых странах изучается вопрос позитивности или негативности этого нового для планеты и геоурбанистики процесса, но наука здесь идет вслед за реальным развитием. Так как рост городов вызван объективными причинами концентрации населения в городах как центрах приложения труда, центрах экономики и промышленности многих стран (мегаполисы ряда стран производят до 50 % валового продукта, в них концентрируется до 80 % капиталов, на их долю приходится до 95 % объема торговли), то он признается правильным путем развития. Однако рост городов стран третьего мира ведет к низкому качеству жизни и среды, загрязнению и исчезновению природы, социальному расслоению и социальной напряженности.

Центр роста городов перемещается в бедные страны, не имеющие возможности создавать новые города в соответствии с экологичными генеральными планами, высоким качеством жизни. Так, до 1950 г. 20 из 30 крупнейших городов мира находились в развитых странах и только 10 — в развивающихся. В 1990 г. уже 21 город из 30 располагался в развивающихся странах, а по прогнозам в 2015 г. всего 5 городов богатых стран (Токио, Нью-Йорк, Лос-Анджелес, Осака и Париж) останутся в списке крупнейших мегаполисов мира, остальные места займут Бомбей (27,4 млн), Лагос (24,4), Шанхай (23,4), Джакарта (21,2) и др. При этом Нью-Йорк с 17,6 млн жителей будет только на 11-м месте. Тот же самый процесс наблюдается и в росте урбоареалов. В последние годы возникли новые урбоареалы в развивающихся странах: «Сан-Рио» (между Сан-Паулу и Рио-де-Жанейро), «Джабан» (Джакарта — Бандунг), «Визагмахапагар» (Индия), «Пектян» (Пекин — Тяньцзинь), Каир — Александрия и др.

Чем больше город, чем плотнее он населен и чем больше в нем промышленных предприятий и автотранспорта, тем большая площадь прилегающей природной (в том числе сельской) территории требуется, чтобы выдержать техногенное давление города. Поэтому рост числа жителей вызывает увеличение давления на близлежащие экосистемы. В то же время уровень экономического развития городов чаще всего связан с потреблением глобальных ресурсов и глобальными воздействиями на экосистему Земли. Более половины городского населения мира живет в городах с числом жителей менее 0,5 млн и меньше 8 % живет в мегаполисах с населением более 10 млн. Более устойчивое развитие городов планеты связывается с их экологизацией. Несмотря на рост городов они занимают всего несколько процентов территории суши, тог-

да как для удовлетворения первоочередных потребностей людей нужны гораздо более крупные территории земли (рис. 1.3).

Современная урбанизация сопровождается экономическими, социальными, политическими и демографическими переменами. Сейчас качество городской среды и благосостояние жителей зависят от экосистем внутри, вокруг и далеко вне границ города, а городская деятельность влияет как на ближние, так и на очень отдаленные экосистемы. Поэтому урбанизация может рассматриваться как реальная угроза живой природе и сохранению среды обитания всей Земли. Потеря сред обитания — болот, окружающих лесов и прибрежных участков — при промышленном и жилищном строительстве угрожает биологическому разнообразию. Но некоторые животные в городах находят новые среды обитания. Крыши и стены заброшенных зданий, тротуары, неэксплуатируемые железнодорожные пути и промышленные территории осваиваются растительностью. В городских и пригородных экосистемах происходят постоянные приспособления растений, животных, беспозвоночных и микроорганизмов к изменяющейся застроенной среде. Урбанизация часто характеризуется кольцевым ростом городов с постепенным заполнением ранее не застроенных территорий между большими городами и небольшими поселениями. Каждая стадия этого роста изменяет условия среды обитания и живую природу в городах.

Неэкологичная урбанизация негативно влияет на местные экосистемы и биологическое разнообразие, ухудшая городскую среду. В ходе урбанизации большинство экосистем бывает нарушено или разрушено вследствие раздробления среды обитания и внесения загрязнений. Асфальтовые покрытия с темной поверхностью, удаление кустов и деревьев в городах ведут к поступлению тепловой энергии в почву и нарушают естественные процессы охлаж-



Рис. 1.3. Рост потребностей человечества

дения и испарения. «Тепловые острова» усиливают загрязнение воздуха, изменяют структуру почв и ливневых стоков, влияют на живую природу. Поэтому нужно увеличивать долю поверхности земли, закрытой растительностью, и использовать отражающие искусственные поверхности.

Самое благоприятное воздействие на оздоровление здоровой городской среды оказывают городские зеленые территории — леса, парки, водоемы, зеленые пояса и коридоры и др. Эти экосистемы обеспечивают фильтрацию воздуха, регулирование микроклимата, шумовую изоляцию, поверхностный водный дренаж, задержание питательных веществ, биоразнообразие, опыление, рассеивание семян, регулирование вредителей — насекомых. Городское сельское хозяйство может дать множество выгод: дополнительную продукцию; доход для производителей; занятость для безработных; улучшение окружающей среды; замену импорта. Но оно может развиваться только в незагрязненных городах во дворах (плодовые сады и т. п.), на крышах, общественных территориях. Для этой цели подходят и пригородные области при отсутствии загрязнения почвы химикатами, отходами.

При реконструкции и новом строительстве постоянно происходят изменения объема и состава озелененных территорий, поэтому городская природная среда полна экологических разрывов. В этих условиях важно создание зеленых коридоров в городской среде.

Урбанизация чаще всего изменяет взаимодействие между людьми и микроорганизмами. Именно в местах скопления людей появились многие из наиболее опасных инфекционных болезней. Города остаются центрами распространения эпидемий и пандемий. Риск для здоровья наиболее высок в больших промышленных городах, при этом внутреннее загрязнение особенно опасно в домах без хорошей вентиляции. Велики экологические проблемы при расположении городов вблизи хрупких экосистем. Расширение городов ведет к снижению качества сельскохозяйственных земель. Исторически города часто основывали около рек, озер, морей, чтобы обеспечить потребности в воде и транспортных путях. Поэтому наиболее урбанизированными территориями являются прибрежные зоны, области около озер и рек.

Проблемы окружающей среды при ускоряющейся урбанизации становятся глобальными, так как урбанизация в одной части мира ведет к неблагоприятным последствиям в отдаленных частях. Если в XX в. главными проблемами урбанизации были загрязнения и деградация окружающей среды в городах и вокруг них, то проблемами больших городов в XXI в., вероятно, будут глобальные нагрузки на отдаленные экосистемы. Сложность глобальных проблем окружающей среды значительно выросла за последние два столетия и особенно за последние десятилетия вслед-

ствии роста потребления и отходов. По данным ООН, самые богатые 25 % населения потребляют 86 % ресурсов, а богатые индустриальные страны выбрасывают более чем 90 % из 350 млн т опасных отходов, производимых в мире за год.

Рост трансконтинентальной торговли расширяет экологические нагрузки и может вести к деградации отдаленных экосистем, город может разрушать экологический потенциал отдаленных территорий. В связи с этим в ходе урбанизации выявилась ценность понятия «экологический след». Известно, что потребная для человека территория напрямую связана со степенью экологичности его деятельности, его потребностей. Экологический след населения — это область земли и водных экосистем, постоянно требующаяся, чтобы производить ресурсы, которые население потребляет, и ассимилировать отходы, которые население производит. Метод анализа экоследа основан на том, что многие из ресурсов и потоков могут быть преобразованы в соответствующие площади земли и водной территории. Анализ экоследа показывает быстрый рост его глобального значения, уже немного превышающего площадь планеты (рис. 1.4).

Площадь экоследа должна включать область экосистем, которую население приспособливает для удовлетворения своих потребностей при всех формах экономической деятельности, включая торговлю, плюс потребную площадь земли и воды. Этот параметр зависит от ряда факторов: численности населения, среднего материального уровня жизни, биопродуктивности земли и воды (местной или «импортированной»), эффективности сбора урожая, его обработки и использования, экологичности технологий.

Каждый город и каждый человек имеют свой экологический след. Анализ показывает, что относительно богатые жители и города развитых стран налагают большую нагрузку на землю, чем жители бедных стран. Жители стран с высоким доходом (США, Канада) имеют средние экологические следы от 8 до 10 га, т.е. почти в 20 раз больше, чем экоследы граждан беднейших стран, таких как Бангладеш или Мозамбик. Экослед связан с современным представлением о среде жизни человека, включающей в себя несколько сред: самую близкую внутреннюю среду организма; ближайшую среду жилья, семьи;



Рис. 1.4. Недопустимый рост экологического следа человечества

ближнюю среду; дальнюю среду; глобальную среду; космическую среду.

Используя различные методики, исследователи оценили размер городского экоследа. Анализ показал, что экоследы городов развитых стран в 200 — 300 раз больше, чем занимаемые ими географические территории. Например, Ванкувер (Канада) занимал в 1966 г. территорию 11,4 км<sup>2</sup> (11 400 га) и насчитывал приблизительно 472 тыс. жителей. При экологическом следе примерно 7,7 га на жителя совокупный экослед Ванкувера был в 319 раз больше его площади. Совокупный экослед Торонто (2 385 тыс. чел.) в 288 раз больше, чем географическая площадь города (630 км<sup>2</sup>). Чтобы выдержать население одного Лондона, требуется экологически производительная площадь земли всей Англии (следовательно, Англия «живет» за счет территорий других стран). Экологический след Токио в 1,2 раза больше территории всей Японии. Такие же результаты были получены при исследованиях экоследов городов Азии и Австралии. Города — интенсивные узлы потребления, почти полностью поддерживаемые биофизическими процессами производства и функциями жизнеобеспечения далеко вне их политических и географических границ. Город может занимать десятую часть процента от площади экосистемы, которая выдерживает его. Поэтому даже в устойчивом мире ни один город не может быть устойчив на своей территории. Это подчеркивает проблемы городской уязвимости как зависимости от удаленных экосистем, превращающиеся в серьезный риск при глобальной экологической или политической неустойчивости.

Таким образом, несмотря на рост качества городской среды в некоторых развитых странах, города во многом негативны и для экосистем, и для жителей. Эксперты Всемирного банка указывают на множество критических факторов для среды городов, начиная от скученности населения и кончая выбросами загрязнений в среду, что приводит к нивелированию многих преимуществ проживания в городе. Об этом свидетельствуют и недостаточная безопасность жизни, высокая доля людей, становящихся жертвами преступлений в современных городах. Для Буэнос-Айреса этот показатель составляет 61,1 %, для Москвы — 26,3 %, для Баку — 8,3 %.

Указанные выше проблемы характерны для столицы России. В городе растет плотность населения и не увеличивается площадь озелененных территорий. Дворы Москвы заполнили «ракушки». Исчезают уютные зеленые дворики, возникают бесформенные междомовые пространства среди высоких жилых домов. В городе практически нет ни одного квадратного метра совершенно чистой природной среды, зато много загрязненной, постоянные «пробки» на дорогах. Визуальная, запаховая и звуковая среды го-

рода чаще всего негативны для его жителей. Нет необходимого движения к созданию экологического каркаса города с объединением всех городских и загородных природных территорий экологическими коридорами. Продолжается экологически недопустимая застройка территорий Подмосковья — окружающей природной среды Москвы, хотя без экологически обоснованной природной территории вокруг города (диаметр условного природного круга вокруг Москвы по приближенным подсчетам должен быть не менее 400 км при достаточно высокой облесенности) Москва не сможет поддерживать необходимое качество среды, не будет экологического равновесия.

Несмотря на негативность ряда тенденций урбанизации новые данные, приведенные в большом международном исследовании «Экологическая оценка тысячелетия» (2005 г.), свидетельствуют, что города могут снизить некоторые антропогенные нагрузки вследствие концентрации населения, потоков веществ и энергии. Предполагаемое (далеко не полностью изученное) объяснение этому явлению основывается на *городских факторах устойчивости*:

высокая плотность населения уменьшает потребность в занятой земле на жителя;

снижаются приходящиеся на жителя затраты на обеспечение водой, системы коллекторов, сбор отходов и большинство других общественных удобств;

многоквартирные жилые дома уменьшают потребление на жителя строительных материалов и затраты на обслуживание, могут уменьшать спрос на бытовые приборы и личные автомобили;

свободный доступ к городским удобствам, пешеходному движению, езде на велосипеде и общественному транспорту уменьшает спрос на частные автомобили, снижает потребление энергии и загрязнение;

высокая плотность и разнообразие инфраструктуры связи сокращают потребность в энергии;

большие возможности для рециркуляции строительных материалов, их повторного использования, переработки; концентрация специализированных предприятий;

использование сбросной энергии (высокотемпературных процессов и др.), сокращение спроса на энергию;

возможность реализации «индустриальной экологии» (создания замкнутых индустриальных парков, в которых ненужная энергия или материалы одних фирм являются исходными материалами для других).

В указанном исследовании предполагается, что увеличенная плотность жителей и снижение материальных затрат для высотных жилых домов в сравнении с индивидуальными зданиями уменьшают примерно на 40 % ту часть экологического следа на жителя, которая связана с жильем и потребностями транспорта.

С этой точки зрения расплывающиеся города менее эффективны по затратам энергии на транспорт, чем компактные города.

Важный фактор урбанизации — увеличение применения информационных технологий связи, которые облегчили расширение рынков и контроль над национальным и международным экономическим пространством (глобализацию). Образовались новые индустриальные регионы, основанные на информационных технологиях связи (Западный полумесяц вокруг Лондона; секторы юго-запада Парижа, юга Франции; Мюнхенская область; Кремниевая Долина в США), и несколько городских высокотехнологических центров (Мюнхен, Токио).

Во многих городах мира используется зонирование территорий для защиты зеленых территорий и парков, зеленых коридоров и поясов, для улучшения качества воздуха в городе, сохранения заболоченных земель, культурного наследия, прибрежных областей, открытых площадей, сельхозугодий внутри города. Благодаря совершенствованиям технологий многие города развитых стран частично преодолели некоторые проблемы окружающей среды. Внутренняя среда этих городов зачастую имеет хорошее качество. Однако это свидетельствует лишь о перемещении проблемных (с точки зрения экологии) зон в региональном и глобальном масштабах.

Рост интенсивности движения и числа автомобилей отрицательно воздействует на городскую среду, в первую очередь на качество воздуха и воды. Транспорт — существенный источник эмиссии тепличных (т. е. приводящих к парниковому эффекту) газов, хотя эмиссия — только часть проблемы больших изменений экосистем. Но и в этом аспекте развития городов есть положительные тенденции урбанизации. Например, городской общественный транспорт растет, хотя и неравномерно, почти всюду в развитых странах. Для особенно плотных поселений, которые быстро заполняются автомобилями, можно с помощью информационных технологий, рационального планирования транспорта и финансирования работы, создавать менее «автозависимые» города. Например, автобусное движение в ряде латиноамериканских городов не только обеспечивает решение транспортных проблем, но и ограничивает пользование автомобилями, что снижает загрязнение воздуха.

Иногда решению проблем загрязнения территорий помогает «индустриальное переселение» как часть процесса урбанизации. Индустриальное переселение часто предпринимается для улучшения качества окружающей среды. Так, в г. Далянь в Китае начиная с 1995 г. были успешно перемещены в пригородные области более 100 загрязняющих предприятий, что существенно улучшило качество окружающей среды. В Иокогаме сотни загрязняющих предприятий были перемещены в прибрежную область с превращением ее в индустриальный парк. Корпорация окружающей среды Японии начиная с 1970 г. осуществила переселение 4 тыс.

предприятий из городского центра и жилых областей. В Сеуле было перемещено более 2 тыс. загрязняющих предприятий. Но если такая стратегия эффективна для сокращения воздействий на окружающую среду в городах, избавляющихся от заводов, она может привести к серьезным последствиям для окружающей среды и экосистем территорий получателя, если они не контролируются. Большинство городов стимулирует переселение, освобождая предприятия от налогов или сокращая их. Некоторые города применили строгие меры к тем отраслям загрязняющей промышленности, которые не сумели переместить свои объекты в пределах назначенного времени. Но иногда в результате индустриального переселения загрязнения просто перемещаются из города в пригород. Индустриальное переселение часто проводится в целях уменьшения загрязнения в городе-экспортере и потому направлено на рост качества городской среды, а не на уменьшение загрязнений в целом. Кроме того, получатель обычно активно привлекает промышленные предприятия, даже если они загрязняют среду, а нормы по защите окружающей среды в пригородах часто не столь строги, как в городах-экспортерах.

Можно выделить следующие этапы формирования среды обитания (городской среды) как результат взаимодействия человека и природы:

I — естественные «биотические» взаимоотношения человека с природой на уровне отношений других высших животных; «мягкое» приспособление природной среды к удовлетворению биологических потребностей;

II — стихийное формирование среды первых поселений, разработка и применение первых орудий труда для «жесткого» приспособления природы к удовлетворению растущих потребностей; возложение на природу не свойственных ей функций абсорбции всех новых, необычных для нее загрязнений (помимо обычных разлагаемых биологических);

III — все более «жесткое» воздействие на природу, поддерживаемое расширившимися возможностями человека в связи с производством энергии; начало формирования загрязненной техногенной среды городов, рост дифференциации качества городских сред и их социально-экономического неравенства;

IV — научно-техническая революция, «жесткое» изъятие ресурсов, крупномасштабные вмешательства в природу, резкое расширение негативных антропогенных воздействий на природную среду, формирование дифференцированной техногенной среды городов;

V — начало глобального экологического кризиса, резкий рост изъятия невозобновляемых ресурсов и антропогенных воздействий, загрязнений, социально-экономическое и социально-экологическое расслоения среды;

VI — наряду с продолжением кризиса начало формирования первого этапа длительного перехода к устойчивому, экологически поддерживающему развитию, к реставрации ландшафтов и сохранению природы;

VII — наступающий (гипотетический) этап глобальной экологизации поселений и всей человеческой деятельности и перехода к сокращению экологического следа отдельных городов, стран и всего человечества.

Учитывая двойственность эволюции городов (реальность и неотвратимость тенденций роста современных городов, повышение качества жизни и степени удовлетворения потребностей жителей и вместе с тем увеличение загрязнений, отступление природы) необходимо максимально экологизировать городскую среду, взаимоотношения городов и природы, органично соединить город и природу в единое целое. Причем наиболее трудны задачи экологизации для урбоарелов и мегаполисов, где естественная природа находится далеко от города, из-за чего ее положительное влияние незначительно.

В этих условиях движение к городам со здоровой средой — одна из важнейших целей человечества. Это задача не только чрезвычайной важности, но и исключительной трудности в условиях роста городов и размеров зданий, появления новых потребностей, удовлетворяемых только техникой. Нужны новые природоохранные и природовосстанавливающие решения, новые экологичные технологии во всех областях жизни и деятельности в городах и одновременно новое, более экологичное мышление, экологическая культура. Только такой комплекс мероприятий позволит сохранить природу Земли и создать экологически обоснованное высокое качество жизни в поселениях.

## **1.2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УРБАНИЗАЦИИ. УРБОЭКОЛОГИЯ**

Ранее неизвестная в истории Земли быстрая урбанизация (застройка и иное освоение территории планеты человеком) существенно влияет на природу. Сможет ли выдержать природа эти воздействия? Для ответа на этот вопрос необходимы глубокие знания о развитии природы. Исследования последних десятилетий показали, что совершенно необходимые для жизни на Земле условия (оптимальное соотношение газов в атмосфере, поглощение организмами избыточного углекислого газа, регулирование температуры земной поверхности, нейтрализация усиленной радиации, предотвращение чрезмерного засоления вод Мирового океана) были созданы длительным (около 3,5 млрд лет) и усложняющимся взаимодействием живых организмов. В современном

многообразии жизни все взаимосвязано, и исчезновение любого элемента биосферы может разрушить систему жизнеобеспечения. Поэтому любая форма жизни на Земле имеет самостоятельную ценность, как и вся природа — результат симбиоза [13, 16]. Через живые организмы прошло большое количество элементов верхней части литосферы, атмосферы и гидросферы. Таким образом, живое вещество создало приемлемую для него среду обитания. После возникновения около 4,5 млрд лет назад биосфера прошла несколько этапов эволюционного развития. От первоначального круговорота органического вещества произошел переход к биологическому круговороту — непрерывному обмену веществом и энергией между живыми организмами и окружающей средой в течение всей жизни организмов и после их смерти. Человеческая деятельность превратилась в мощную силу, необратимо и целенаправленно меняющую всю природную среду. Сформированная при определяющем влиянии человечества новая природная среда — биотехносфера — следствие социального и научно-технического развития человека.

Согласно гипотезе «ГЕИ», выдвинутой Д. Лавлоком, живые организмы развивали и регулировали благоприятную для них геохимическую среду [16]. Без живых организмов состав атмосферы Земли был бы близок к венерианскому, а температура на поверхности составляла бы около 290 °С. Все это свидетельствует об исключительно важной, жизнеобеспечивающей роли живой природы на Земле и, следовательно, о необходимости защиты и сохранения ее при урбанизации.

В России развита «биосферная» концепция мирового развития (К. Я. Кондратьев, В. К. Донченко, К. С. Лосев), согласно которой самой важной, «поворотной», точкой в экологическом состоянии Земли является величина допустимого возмущения окружающей среды. Разработана теория биологической регуляции, согласно которой имеется порог устойчивости биосферы. Биосфера способна компенсировать любые возмущения, вызываемые деятельностью человека, пока потребление продукции биоты человечеством не превышает 1 %, а остальные 99 % тратятся на стабилизацию. Этот предел был нарушен в начале XX в., сейчас потребляется около 6...8 % продукции биоты. Следовательно, экологизация городов и городской среды — это деятельность, направленная на выживание природы и человека.

*Экологическая система* (экосистема) — это совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых совместно обитающих различных видов организмов и условий их существования. Все экологические системы существуют длительное время, иногда сотни лет. При этом отдельные популяции системы увеличиваются, численность других уменьшается, но система находится в равновесии. Такое состояние подвижно-стабильного равновесия экосистемы называ-

ется *гомеостазом*. Гомеостаз в природных системах поддерживается тем, что из окружающей среды непрерывно поступает информация, экосистема открыта, накопление вещества сопровождается его распадом. В антропогенных экосистемах нет открытости, для их постоянного функционирования необходимо поддержание гомеостаза, управление им со стороны человека. Например, любой поселок или город пока не может утилизировать все отходы внутри себя, не может обеспечить замкнутый цикл функционирования любых производств, жилых зданий. Везде во всех случаях требуется вмешательство человека для удаления и утилизации отходов, притока энергии и т. д.

В экосистемах первичное органическое вещество образуется в процессе фотосинтеза зелеными растениями, поглощающими солнечную энергию. Энергия фотонов преобразуется в энергию химических связей, при этом в атмосферу выделяется свободный кислород и поглощается диоксид углерода. Благодаря растениям поддерживается стабильный газовый состав атмосферы. Растения ежегодно запасают в результате фотосинтеза энергию около  $20,9 \cdot 10^{22}$  кДж. Бактерии также могут синтезировать органическое вещество. Животные не способны аналогично растениям синтезировать вещество из солнечной энергии, они используют эту энергию через вещество растений.

В экосистеме первичное органическое вещество последовательно передается от одних живых организмов к другим по трофической (пищевой) цепи. В ее начале, в первом звене, расположены растения, питающиеся солнечной энергией (поэтому их называют *автотрофами*) и создающие первичное органическое вещество (отсюда другое их название — *продуценты*). Во втором звене находятся организмы, употребляющие в пищу автотрофы и называемые *гетеротрофами* (питаемыми другими), или *консументами* (от лат. *consumo* — потребляю). Они строят белки своего тела из белков растений. Третье звено составляют *вторичные консументы* — плотоядные животные, использующие животные белки. Имеются и *консументы третьего порядка*, питающиеся вторичными консументами. Во всех звеньях образуются отходы — листья, отмирающие организмы, отбросы и др. Эти отходы поступают в следующее звено, которое образуют *редуценты* (от лат. *reducentis* — возвращающий) — бактерии, грибы, мелкие беспозвоночные и др. Они разлагают органические остатки всех трофических уровней до минеральных веществ. Таким образом, энергия Солнца передается по трофической цепи. Эта схема реальна только для естественной экосистемы. Для городской экосистемы схема приобретает совершенно другой характер, существенно изменяется поток отходов, поступающий в блок биоредуцентов, и т. д.

В соответствии со вторым законом термодинамики процесс непрерывной передачи энергии по трофической цепи сопровож-

дается ее рассеиванием, потерями, ростом энтропии, компенсируемым постоянным поступлением солнечной энергии. В экосистемах создается и расходуется органическое вещество, что позволяет оценивать продуктивность систем скоростью образования вещества. Первичная (основная) продуктивность — это скорость усвоения солнечной энергии организмами-продуцентами, вторичная продуктивность — это продуктивность консументов. Вторичная продуктивность очень низка: при передаче от каждого предыдущего звена к последующему звену трофической цепи теряется около 90...99 % энергии. Если растениями создано на 1 м<sup>2</sup> почвы 84 кДж энергии, то продукция первичных консументов составляет 8,4 кДж, а вторичных — около 0,84 кДж [13].

Городские экосистемы, как уже отмечалось, характеризуются измененным потоком энергии по сравнению с природными системами (рис. 1.5). В пищевой цепи место хищников занимает человек, а потребление природной продукции (растений и первичных консументов) носит характер искусственно регулируемого производства, только частично вписывающегося в природный поток энергии. В естественные потоки поступают производимые городскими системами загрязнения, а блок биоредукторов (деструкторов) полностью или частично теряет свою роль. В городах искус-

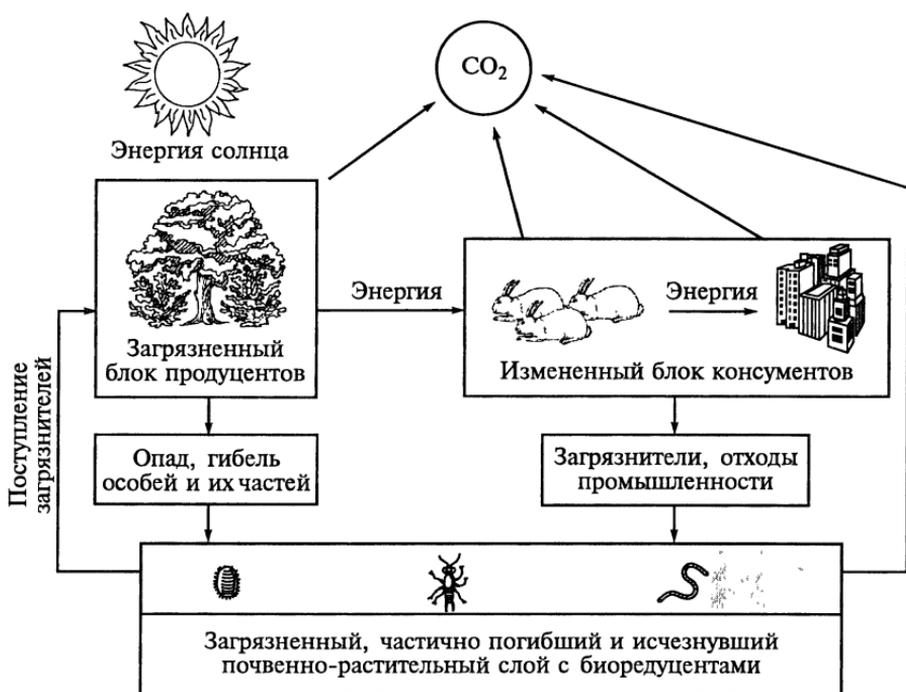


Рис. 1.5. Поток энергии и круговорот веществ в городской пищевой цепи

ственно меняются потоки энергии и веществ: резко возрастает произведенная человеком и выброшенная в окружающую среду энергия и одновременно растут загрязнения среды, в том числе и не существовавшие ранее в природных системах. Таким образом, по мере роста урбанизированных и вообще антропогенно освоенных территорий полностью меняется привычный для природы поток энергии в пищевой цепи. Он заменяется техногенным потоком энергии и веществ. Антропогенные экоциклы имеют, как правило, неравные по объему ветви деградации и восстановления, вследствие чего и возникают большие объемы отходов (рис. 1.6, а). В природе же эти ветви близки по объемам, а отходы — минимальны, они поступают в среду в виде осадочных отложений (рис. 1.6, б).

Наиболее приемлемый способ взаимоотношений с природой — «мягкое» управление ею главным образом с помощью естественных механизмов саморегуляции или иногда путем технического конструирования таких механизмов. «Мягкое» управление направлено на восстановление природной среды, реализацию желательных природных цепных реакций. Оно базируется на восстановлении бывшей естественной продуктивности экосистем или ее повышении, причем для этого используются основанные на законах природы мероприятия. «Мягкое» управление природой и «мягкое» взаимодействие урбанизированных территорий с природой должны быть приоритетными при градостроительном освоении, эко-реконструкции. Принципы «мягкого» взаимодействия с природой и сохранения среды жизни, «мягкой» экологической инфраструктуры и урбанизации, «мягкой» (человечной) архитектуры, «мяг-

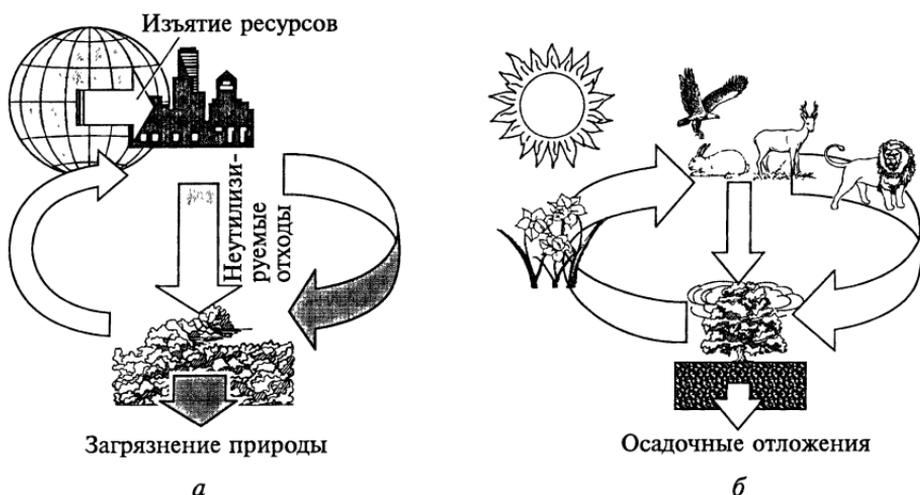


Рис. 1.6. Антропогенный (а) и природный (б) экоциклы

кого» строительства и «мягкой» реконструкции зданий и реставрации природы должны базироваться на решениях урбоэкологии, архитектурно-строительной экологии, экологической инфраструктуры, экологической философии и этики. Все эти решения входят в круг урбоэкологии.

Урбоэкология направлена на решение экологических проблем больших частично застроенных и освоенных территорий — стран, областей, поселений, кварталов. В ее задачу входит разработка градостроительных решений, обеспечивающих высокое, экологически обоснованное (ограничиваемое емкостью экосистем, их природно-ресурсным потенциалом) качество жизни и одновременно экологическое равновесие, сохранение в необходимом объеме естественной природы. В структуру урбоэкологии входят:

экологические основы (учет экологических постулатов, условия экологического равновесия);

природно-ресурсные основы (проблемы экологического следа и городской уязвимости);

территориально-планировочные основы (экологический каркас и коридоры);

биологические основы (проблемы упругости экосистем);

инженерно-геологические основы (устойчивость литосферы);

географические основы (устойчивость ландшафтов и их компонентов);

инженерно-технические основы (проблемы восстановления экологического равновесия техническими средствами);

индустриальные и транспортные основы (проблемы индустриальных перемещений, загрязнений и транспорта);

гигиенические основы (проблемы влияния окружающей среды на человека);

эстетические основы (пути увеличения эстетической ценности естественной и застроенной окружающей среды).

*Экологические основы* — это система экологических постулатов, которые необходимо соблюдать при урбанизации территории в целях сохранения природы, восстановления экосистем и получения высокого, экологически обоснованного качества городской среды, достижения устойчивости среды жизни [19, 21].

*Природно-ресурсные основы* — это комплекс знаний о размере потребной территории с учетом экологического следа, о природно-ресурсных ограничениях на развитие территории, территориальной уязвимости при большом размере экоследа, способах его оптимизации.

*Территориально-планировочные основы* направлены на создание экологического каркаса с сетью экологических коридоров для регионального расселения районов, населенных мест.

*Биологические основы* направлены на изучение проблем упругости экологических систем. Застроенные территории должны рас-

смагиваться как социально-экологические системы, причем экологическая составляющая должна обладать упругостью, поддерживаемой необходимым объемом естественной природы с высокой продуктивностью, сложностью структуры и разнообразием трофических уровней.

*Инженерно-геологические основы* — это комплекс знаний о влиянии города на литосферу. Урбанизация нарушает рельеф, инженерно-геологические и гидротехнические условия, все активнее действует на литосферу, может привести к изменению направленности геологических процессов в ней. В последние десятилетия застраиваются территории с неровным рельефом и сложными инженерно-геологическими условиями, растут высота и масса зданий и сооружений, что вызывает деформации грунта на большой глубине. Осваиваются подземное пространство и шельф, районы с вечной мерзлотой, сейсмические районы, где влияние урбанизации на литосферу особенно велико.

*Географические основы* направлены на определение устойчивости ландшафтов к техногенным воздействиям — физическим, химическим и другим загрязнениям. Представление о необходимости создания более устойчивых к загрязнениям геосистем и ландшафтов не совсем верно. В действительности нужно сохранять в первую очередь обычные ландшафты с естественным биоразнообразием.

*Инженерно-технические основы* направлены на восстановление экологического равновесия техническими средствами. Они включают в себя инженерно-строительные основы совершенствования инженерных и технологических методов путем применения положений строительной экологии, устойчивого строительства, безотходных и малоотходных технологий, очистки выбросов.

*Индустриальные и транспортные основы* направлены на решение сравнительно новых проблем, ставших актуальными в последние годы в связи с резким ростом транспорта и индустриальных перемещений (переноса промышленных предприятий) созданием новых промышленных зон, индустриальных парков.

*Гигиенические основы* — это знания о реакции организма человека на воздействие многочисленных позитивных и негативных факторов урбанизированной и естественной сред. Они позволяют сохранить здоровье человека путем повышения качества среды городов.

*Эстетические основы* направлены на сохранение и увеличение эстетической ценности застроенной среды. Они связаны с гармоничностью и разнообразием урбанизированной среды, с социальным эффектом духовного «потребления» среды как показателем качества среды.

Устойчивое строительство и его экологические основы направлены на создание устойчиво развивающихся городов как социально-экологических систем. Интересны урбоэкологические реше-

ния в устойчивом строительстве для крупнейших мегаполисов по полицентричным городам, сокращению площади застройки, транспорту.

С учетом указанных выше основ можно решать задачи урбоэкологии на всех территориальных уровнях. Взаимодействие урбанизированной и природной сред должно происходить в условиях равновесного состояния — динамического гомеостаза, когда биосфера успевает адаптироваться к антропогенным воздействиям.

В идеале при решении урбоэкологических задач должны быть предусмотрены рациональное зонирование территории и размещение населенных мест, инженерно-технические мероприятия по безотходным технологиям, очистке и утилизации загрязнений, а также природоохранные мероприятия по созданию заповедников, парков и т. д. В результате должны быть обеспечены саморегуляция и воспроизводство воздуха, чистой воды, почвенно-растительного покрова, животного мира. Эти мероприятия зачастую носят идеализированный характер, так как размещение населенных мест обычно задано. Известный отечественный урбоэколог В. В. Владимиров предлагает соблюдать три условия для достижения равновесного состояния [3]:

обеспечение баланса межрайонных потоков веществ и энергии путем воспроизводства основных компонентов природной среды;

приведение в соответствие геохимической активности ландшафтов и объема загрязнений природной среды, в том числе обеспечение более низкого уровня загрязнений по отношению к биохимической активности экосистем района, а также физической устойчивости ландшафтов к транспортным, рекреационным и другим антропогенным воздействиям;

проектирование районной планировки с сохранением ненарушенных участков экосистемы, которые могут воспроизвести нужные количество кислорода и объем биомассы, очистить загрязненную воду и воздух.

Согласно В. В. Владимирову, степень обеспечения экологического равновесия может иметь три уровня: полный, условный и относительный [3]. Полное экологическое равновесие достигается только в случае выполнения трех указанных условий, что возможно лишь при достаточно больших территориях с плотностью населения не более 50... 60 чел на 1 км<sup>2</sup> и при лесистости не менее 20... 30 %, а также при благоприятном климате. Условное экологическое равновесие наблюдается при соблюдении только первого условия на территориях с плотностью населения не более 100 чел. на 1 км<sup>2</sup> при лесистости не менее 20... 30 %. Относительное экологическое равновесие достигается и при большей плотности населения и меньшей лесистости, причем в этом случае основную роль играют гигиенические, инженерно-планировочные, технологические мероприятия, компенсирующие загрязнение среды.

С учетом последних исследований по экологическому следу критические антропогенные нагрузки на урбанизированные территории должны определяться не только по гигиеническим критериям и обеспеченности населения зонами различного назначения [3], но и по природно-ресурсным критериям. Минимальный размер экологического следа (около 1 га, т. е. 10 тыс. м<sup>2</sup> на жителя) сравнительно близок к разработанным ранее критериям. Так, ЦНИИП градостроительства для промышленных районов считает хорошим показателем обеспеченность территории 3...3,5 тыс. м<sup>2</sup> на жителя. В ФРГ предельной (критической) плотностью в городе является плотность 100...1500 чел. на 1 км<sup>2</sup>, т. е. 0,7...10 тыс. м<sup>2</sup> на жителя. В США «экологической нормой» считается 30 тыс. м<sup>2</sup> на человека, а соотношение урбанизированных, сельскохозяйственных и естественных территорий рекомендуется 1:1:1. В ФРГ это соотношение составляет 28, 42 и 30 %, в Польше для ядра агломерации принята норма 3...5 тыс. чел. на 1 км<sup>2</sup>, а для агломерации в целом — 0,8...2 тыс. чел. на 1 км<sup>2</sup>. Ввиду того, что экологическое равновесие достигается только при наличии больших естественных ландшафтов рядом с городом, очень важно создание природоохранных зон, озеленяемых территорий, создающих вместе с объединяющими их экологическими коридорами природный (экологический) каркас расселения (рис. 1.7).

Пространственная структура идеализированного экологического каркаса расселения характеризуется равномерной сетью населен-

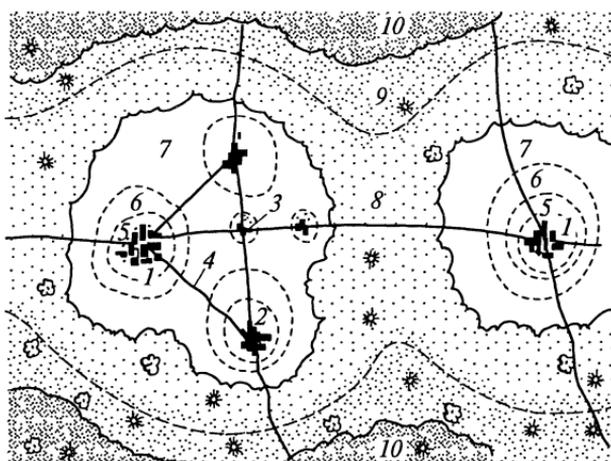


Рис. 1.7. Пространственная структура экологического каркаса расселения:

1, 2 — центры соответственно региональных и групповых систем расселения; 3 — прочие места расселения; 4 — главные связи; 5—7 — зоны соответственно ограниченного, преимущественного и активного развития; 8—10 — зоны соответственно экологического равновесия, буферная, компенсационная

ных мест со связями между ними и зонами развития (в том числе с экологическими коридорами), экологического равновесия, буферной и компенсационной [3]. В зоне наибольшей хозяйственной активности допускается максимальное воздействие на биосферу. В зоне экологического равновесия должна быть сеть природных парков, охраняемых ландшафтов с лесистостью не менее 40... 50 %, с комплексом по очистке стоков, с поддержанием популяций животных и птиц, запрещены рубки леса (кроме санитарных), ограничены размещения промышленных предприятий, городского и транспортного строительства. В буферной зоне для компенсации экологической неполноценности и обеспечения в перспективе экологического равновесия должны охраняться ландшафты с лесистостью не менее 30 %. Наименее освоенные ландшафты с низкой плотностью населения считаются компенсационными зонами.

В действительности градостроительное освоение территорий чрезвычайно далеко от этого идеализированного представления, но стремиться к экологичному зонированию необходимо. По данным [3], для городов с населением свыше 1 млн чел. ширина зоны ограниченного развития должна быть 35... 40 км, с населением 0,5... 1 млн чел. — 25... 30 км, с населением 100... 500 тыс. чел. — 20... 25 км. За зоной ограниченного развития располагается зона активного развития. Для городов с населением 100... 500 тыс. чел. ее ширина в среднем составляет 35... 50 км. Указанные зоны связаны с размерами экологического следа.

В урбоэкологии важнейшее внимание уделяется природному ландшафту, окружающему города и частично входящему в них, который играет существенную роль в санитарно-гигиенической комфортности городской среды. Так, рельеф и гидрографическая сеть влияют на направление и силу воздушных потоков. Учитывая при строительстве особенности рельефа, можно получить более благоприятный микроклимат с улучшением проветривания, регулированием солнечной радиации, увлажнением, защитой от шума, организацией стока. Рельеф и гидрографическая сеть вместе с застройкой составляют климаторегулирующую систему города [3, 8, 11, 21]. Растительность снижает воздействие ряда негативных для человека факторов, таких как шум, пыль, сильные ветры, излишняя сухость или влажность, перегрев, недостаточная аэрация. Озеленение улучшает состояние среды, снижая загрязнение воздуха, улучшая микроклимат, обеспечивая контакт человека в городе с природой, воздействуя эстетически. Сады, парки, линейное озеленение, а также озеленение крыш, террас, фасадов зданий целесообразно проектировать с учетом климата, подбирая нужный состав и оптимальное соотношение растений, чтобы не снижалась аэрация, возрождались насаждения.

Урбоэкологическая программа проектирования должна включать в себя вопросы общей экологической характеристики мест

расселения, экологического следа, природно-ресурсного потенциала, экологической инфраструктуры, климатических и микроклиматических особенностей, состояния и охраны воздушного и водного бассейнов, геологической среды, почвенно-растительного покрова, в том числе рекультивации, улучшения санитарно-эпидемиологических условий, охраны флоры и фауны, фитомелиорации, защиты от загрязнений — тепловых, электромагнитных, шумовых и других, формирования систем зеленых насаждений, реставрации всех нарушенных компонентов ландшафтов, экологичной реконструкции всех зданий и инженерных сооружений, учета эстетических факторов, защиты памятников архитектуры, истории, этнографии, природы, составления комплексной схемы охраны природы, эколого-экономического мониторинга. Для регионов и городов могут быть эффективны следующие урбоэкологические мероприятия:

экологизация всей деятельности, потребностей и архитектурно-строительных решений с учетом обоснованного экологического следа и природно-ресурсного потенциала территории;

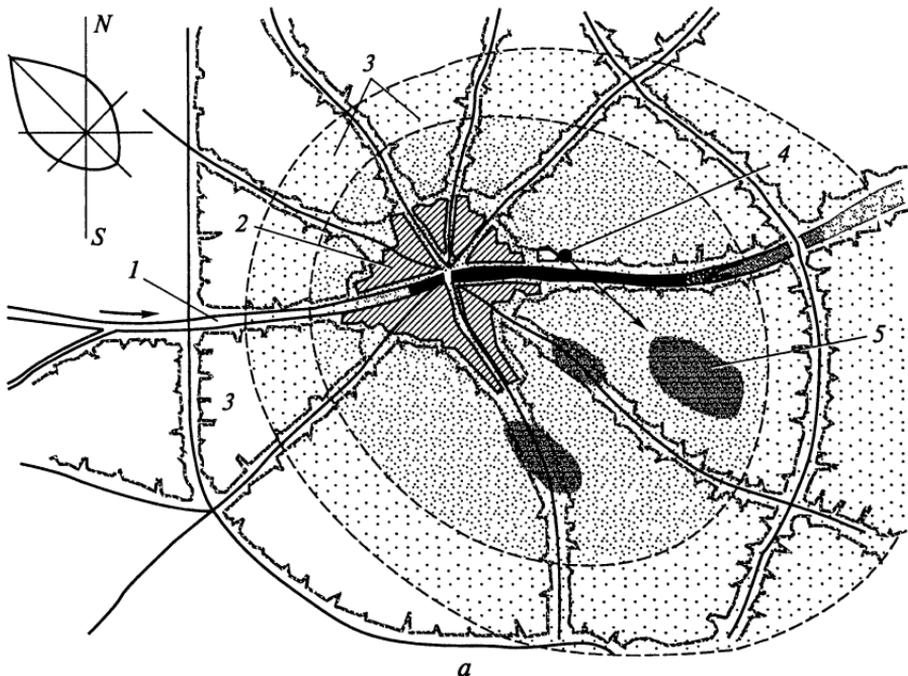
«замещающая» экореконструкция построенных ранее зданий и инженерных сооружений, заводов и предприятий, микрорайонов, городов;

экореставрация нарушенных ландшафтов, восстановление экологической инфраструктуры.

Важнейшей проблемой урбоэкологии является обеспечение на достаточно больших территориях полного экологического равновесия. Одной из основных задач, которые необходимо решить для реализации этого равновесия, является определение демографической емкости территории и достижение соответствия проживающего населения этой емкости. Демографическая емкость территории — очень важная характеристика, определяемая как максимальное число жителей, потребности которых могут быть обеспечены за счет ресурсов территории при сохранении экологического равновесия (сейчас она становится более сложной характеристикой в связи с развитием понятия экологического следа, в который включаются очень отдаленные территории). Понятие местного экологического равновесия приобретает глобальный смысл.

Не менее важны и другие инженерно-экологические характеристики — репродуктивная способность территории, геохимическая активность и экологическая емкость.

Природная среда вокруг города испытывает антропогенные воздействия и должна быть способна к их усвоению и переработке. В зависимости от направления господствующих ветров возможен перенос разнообразных загрязнений, особенно из дымовых труб, несимметрично в плане (рис. 1.8, а). Выбрасываемые в протекающую через город реку загрязнения выносятся и постепенно пере-



a

|  | Кислород в воде | Вода                                | Рыбы        | Беспозвоночные      | Планктон           |
|--|-----------------|-------------------------------------|-------------|---------------------|--------------------|
|  |                 | Чистая и свежая                     | Обычные     | Ручейник, поденка   | Navicula и др.     |
|  |                 | Мутная, зараженная с плохим запахом | Толерантные | Chironomus sumulium | Paramecium и др.   |
|  |                 |                                     | Отсутствуют | Culex, eristalis    | Oscillatoria и др. |
|  |                 | Мутная                              | Толерантные | Chironomus sumulium | Pandoring и др.    |
|  |                 | Чистая и свежая                     | Обычные     | Ручейник, поденка   | Navicula и др.     |

б

Рис. 1.8. Перенос загрязнений от города ветром (a) и рекой (б):

1 — река; 2 — городская застройка; 3 — лес; 4 — дымовая труба; 5 — пятно загрязнения от дымовой трубы

рабатываются ниже по течению реки (рис. 1.8, б). Наиболее загрязненными будут центральная часть города, места осаждения выбросов из труб, прилегающие к городу природные территории по направлению господствующих ветров, река ниже по течению, т. е. зоны ограниченного, преимущественного и активного развития и часть зоны экологического равновесия. И только в буферной и компенсационной зонах природа будет находиться в хорошем состоянии.

Способность природной среды к самовосстановлению после загрязнения чрезвычайно важна для города. Например, в речной воде процент растворенного кислорода после выброса стоков падает почти до нуля, резко меняется состав беспозвоночных и планктона, а рыбы могут вообще исчезнуть [13]. И только через значительное расстояние (оно зависит от степени загрязненности и состава загрязнений, скорости и объема стока, климата и др.) чистота воды в реке, ее флора и фауна начинают постепенно восстанавливаться. Так же обстоит дело и с загрязнением леса и почвы. Городу необходимы прилегающие высокопродуктивные природные территории с большим облесением, чтобы быстрее и эффективнее переработать загрязнения. Если же вокруг поселений таких территорий нет (например, из-за сурового климата), то расстояния между соседними поселениями должны существенно увеличиваться. Так, в тундре, на пустынных территориях, где нет высокопродуктивных систем, поселения должны располагаться на очень больших расстояниях — до нескольких сотен и тысяч километров.

### **1.3. ЭКОЛОГИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ — НОВАЯ КОМПЛЕКСНАЯ НАУКА**

Очевидно, что новая комплексная наука — экология городской среды — должна быть синтезом прикладной экологии, урбоэкологии, архитектурно-строительной экологии, экологической инфраструктуры, экологической индустрии, экологической культуры (экологической этики, философии). Нельзя создать здоровую среду в городах без экологизации всей деятельности человека, без глубокой экологизации энергетики, индустрии, транспорта, без привития экологической культуры всем участникам процесса создания городской среды — жителям, руководству города, инвесторам, проектировщикам, строителям.

Эта наука формируется в течение многих веков. Многие древние и современные архитекторы разрабатывали проекты идеализированных экологических поселений (рис. 1.9). «Идеальный город» имел следующие особенности:

- располагался среди ненарушенного ландшафта;
- был небольшим и, как правило, симметричным;

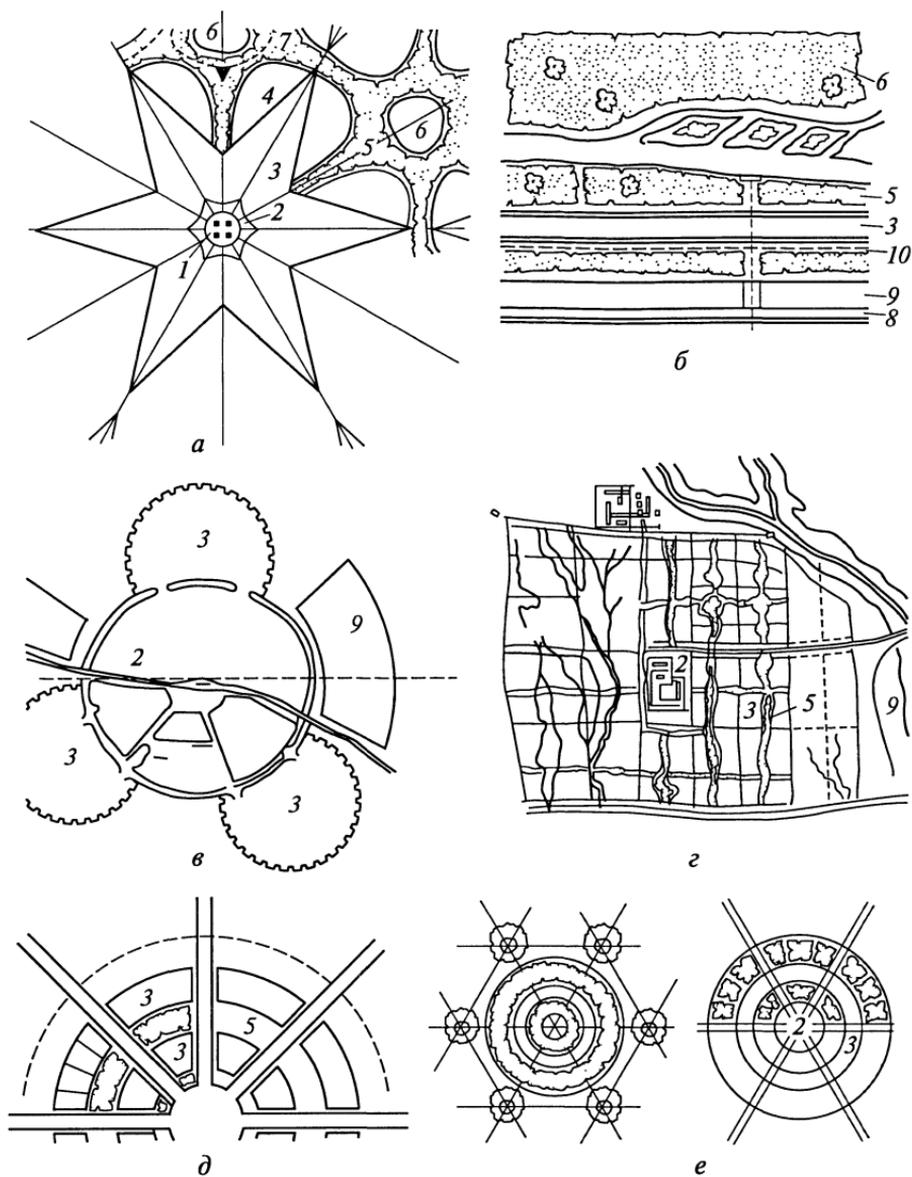


Рис. 1.9. Экологизированные планы поселений:

*a* — поляризованный ландшафт Б.Б.Родомана; *б* — линейный город Н.Милютина; *в* — Веллингбю; *z* — Чандигарх; *д, e* — город-сад и города-сады-спутники Э.Говарда; 1 — исторический центр; 2 — зона общественного обслуживания; 3 — зона жилищ и обрабатывающей промышленности; 4 — зона сельскохозяйственного производства; 5 — природные леса, луга и т.п.; 6 — пригородные заповедники; 7 — рекреационные маршруты; 8 — железная дорога; 9 — промышленная зона; 10 — автодорога

предусматривалось разграничение селитьбы и промзоны; значительная часть территории была озеленена; озелененные территории, как правило, соединялись между собой; не было социального неравенства в жилищах; предусматривалась четкая схема транспорта; пригородная зона использовалась для сельского хозяйства.

Только в XX в. отдельные проекты были воплощены в жизнь. И хотя жизнь созданных городов вносила существенные коррективы в первоначальный замысел архитекторов, тем не менее эти города интересны как прообразы будущих экосити. К ним можно отнести город Веллингбю (спутник Стокгольма, проект 1950 г.), в котором на 1200 га предусматривалось проживание 60 тыс. чел. Для него характерны четкое деление транспортных коммуникаций, обеспечение безопасного пешеходного движения внутри кварталов. Кольцевая магистраль охватывает зону многоэтажной застройки, по ее периметру расположены три микрорайона малоэтажной застройки с плотностью 80 чел./га (см. рис. 1.9, в). Криволинейные улицы плавно обтекают холмы.

На равнине размером около 4×4 км у подножия Гималаев французский архитектор Ле Корбюзье создал город Чандигарх с равномерной прямоугольной сеткой стандартных микрорайонов размерами 800×1200 м (см. рис. 1.9, г). Внутри города имеются нерегулярные ленточные парки, один из которых повторяет русло реки.

В конце XX и начале XXI в. начались глубокие исследования и разработки по экологизации поселений, устойчивому строительству, утилизации отходов, в том числе и для целей строительства и эксплуатации зданий (для изготовления строительных материалов, снабжения теплом, энергоносителями). В последние годы появились разработки по экологически чистым зданиям с замкнутыми технологиями, органично вписанным в природу, использующим возобновляемые источники энергии и полностью утилизирующим все отходы. Вершиной всех исследований и разработок в области экологичного строительства должно стать создание экологичного города (экосити), скорее всего, на основе экологичной реконструкции существующего города. Во многих странах имеются небольшие экологичные поселения, в которых жители не только строят экологичные дома, но и передают свой опыт другим людям. Благодаря движению к экологизации и росту качества жизни во многих городах мира созданы небольшие районы с достаточно высоким качеством жилья и среды, в которых при строительстве зданий использованы простые и в то же время красивые решения [21].

В настоящее время формируется теория создания экологичной городской среды здорового города. В связи с необходимостью одновременного сохранения природы и удовлетворения потребностей растущего населения создание экологичной городской среды

на основе устойчивой урбанизации должно быть управляемым процессом. Рост городов, их локальные, региональные и глобальные воздействия на природу планеты не должны привести к отступлению природы и уничтожению ее ресурсов. Для создания экологичной городской среды должны быть выполнены следующие требования:

сохранение и восстановление экологически обоснованной территории естественной природы в пределах городов, регионов, стран и всей планеты. Площадь этой территории должна быть определена с учетом экологического следа разных городов и стран;

создание в пределах городов, стран и на всей планете необходимой экологической инфраструктуры, обеспечивающей среду жизни человека;

создание в городах как социально-экологических системах экологически обоснованной устойчивой среды жизни, поддержание устойчивости социального и экологического компонентов системы;

определение и поддержание экологически обоснованного соотношения между сельскими поселениями, небольшими, средними, крупными городами и гигантскими урбоареалами;

определение и ограничение размеров поселений в зависимости от хрупкости природы окружающих город экосистем;

экологизация всей деятельности в городах, потребления ресурсов, технологий, управления отходами;

экологическое образование и воспитание, в том числе экологичной и красивой средой городов и зданий.

Формирование науки об экологичной городской среде далеко от завершения, что обусловлено ее постоянным развитием в соответствии с возникновением новых экологических городских технологий, многообразием существующих поселений с местными проблемами, различием в уровне экономического и социального развития стран, плохо управляемым ростом городов, быстрым ростом населения в ряде регионов, сохраняющимися неравноправием, нищетой, бездомностью, преступностью, продолжающимися военными конфликтами и терроризмом. В этих условиях исследователями и разработчиками предлагаются различные пути создания экологичной городской среды. Здесь можно выделить следующие проблемы.

1. Компактность города. С одной стороны, предлагается существенно повысить компактность экологичного города путем роста этажности, с другой стороны, многие урбоэкологи полагают, что этажность должна быть минимальна. При анализе компактности обычно не учитывается, что существующие города вряд ли могут быть быстро уплотнены в плане. В то же время известны сверхкомпактные города, расположенные на берегах океана, что улучшает абсорбцию загрязнений [21].

2. Этажность зданий, включая жилые дома. Предложения абсолютно противоречивы, хотя все существующие небольшие экопоселения созданы на основе малоэтажных домов (до 3...7 этажей). Многоэтажные полностью экологичные здания пока не построены, но их некоторые преимущества считаются доказанными (см. городские факторы устойчивости, перечисленные в подразд. 1.1). Вместе с тем жилые небоскребы существуют и достаточно успешно эксплуатируются (Сингапур, Китай и др.), но в них нельзя применить, например, принцип «нулевого потребления энергии», они не могут быть полностью экологизированы, люди в них оторваны от привычных физических полей Земли и т.д.

3. Отношение к существующей застроенной среде. Это важная проблема, так как застроенная с использованием прежних урбанистических решений среда является основной средой поселений. Очевидно, что на первом плане должны быть проблемы экореконструкции и экореставрации.

4. Размер городов. Пока, как правило, речь идет о небольших экологичных поселениях, но главной проблемой является создание экомегалополисов, экоурбоаралов, которые, очевидно, должны быть полицентричными, с экологическим каркасом, зелеными территориями и коридорами.

5. Уровень использования экологичных городских технологий. Мнения о широте применения современных экологичных технологий различны — от предложений по глубокой экологизации всех направлений архитектуры, градостроительства, строительства, транспорта, промышленности, энергетики до частичной экологизации.

6. Необходимость привития новой этики. Во многих исследованиях это обстоятельство считается определяющим: экологичная деятельность — следствие экологичного мышления. Это и наиболее сложный этап создания городов со здоровой средой: для формирования новой экологичной этики, ее принятия обществом, а главное, для ее использования в практической жизни требуется значительное время.

7. Связь создания экологичной городской среды с обеспечением равноправия. Как полагает большинство исследователей, в условиях неравноправия массовое движение к городу с экологичной средой нереально. Можно создать многообразные по степени экологичности поселения — от экологичных городов в богатых странах с очень высоким уровнем жизни и большим экологическим следом до городов в бедных странах с невысоким уровнем жизни, но такое всемирное общество не будет обладать необходимой устойчивостью. Хотя, безусловно, определенные различия в уровнях городских технологий, качестве жизни, удовлетворении потребностей не только возможны, но и необходимы как объективный элемент этнических предпочтений, здоровой конкуренции.

Проблемы создания экологичной городской среды России актуальны, сложны и недостаточно исследованы. Принятие и реализация программ создания экологичной среды для России очень важны (возможно, жизненно важны) ввиду низкого качества жизни людей, наличия загрязненных территорий, плохого использования ресурсов, неэкономного расходования энергии на отопление и в то же самое время в связи с большими запасами полезных ископаемых и сохраненной естественной природной средой.

Россия — самая большая страна мира с огромным разнообразием ландшафтов, климата, геологического строения, этнических предпочтений. Долгая холодная зима на севере, востоке и в центре предопределяет большие расходы на обогрев и освещение, уборку снега в городах, более частый ремонт зданий. Многообразие ландшафтов — от полярных и ледниковых пустынь, тундры, хвойного и лиственного леса до степей, пустынь, полупустынь и субтропиков — имеет прямое влияние на возможности создания экосистем. В то же время страна представляет собой единое целое территориально, экономически и духовно.

Трудности создания городов с экологичной средой связаны с противоречиями социально-экологического развития России. В стране имеются огромные природные территории, сохранившиеся в естественном состоянии, что позволяет отнести Россию к числу самых больших стран мира, поддерживающих глобальное биоразнообразие и стабильность природы Земли. В России созданы новые научные направления по экологизации городов — строительная экология, экологическая инфраструктура [19, 21], проводятся крупные исследования ряда проблем экологичности городов и зданий (В. В. Владимиров [3], С. Б. Чистякова и др.), начато использование в строительстве отдельных экологических направлений (энергосбережение, возобновимое тепло, подземное строительство, экологичные материалы, визуальная экология и др.), организовано соревнование за самый чистый город. Однако системные исследования и разработки целостного экологичного города со здоровой средой пока не реализованы. В стране медленно внедряются более экологичные технологии в индустрии, а на пути создания экологичных городов стоят барьеры социально-экономического и социально-экологического развития: слабое экологическое образование населения, специалистов и руководителей, что ведет к потребительскому отношению к природе; недостаток новых экологических технологий и средств; дефицит экологически ориентированных законов и механизмов их быстрого исполнения; тяжелый груз устаревших технологий; наличие загрязненных городов и свалок. Принятие во внимание комплекса всех этих особенностей должно лежать в основе концепции многоуровневой «Программы создания экологичной городской среды». Эта бес-

срочная программа должна базироваться на создании эффективной экологической инфраструктуры, поддерживающей окружающую среду жизни с помощью «мягкого» взаимодействия с природой. Основой программы создания экологичной городской среды должны быть:

урбоэкологические принципы создания экологичной городской среды для множества типов ландшафтов — от тундры до субтропиков;

устойчивые строительство и архитектура для множества географических, климатических, ландшафтных и этнических условий;

создание экологичных зданий для множества географических, климатических, ландшафтных и этнических условий;

сохранение почвенно-растительного слоя при застройке для множества географических условий;

использование устойчивых энергии, транспорта, промышленности, городских технологий для множества географических условий и этнических предпочтений.

Территория России должна быть разделена на множество зон с принципиально различными ландшафтами, ограничивающими применение решений по созданию экологичной городской среды (например, на 56 геоэкологических районов с относительно едиными природными условиями, предложенных в [9]). Все природные территории страны должны входить в сохраняемый экологический каркас — экологическую сеть с хорошо обоснованным соотношением между естественными и преобразованными территориями, с экологическими коридорами.

Очевидно, что в каждой стране и в каждом городе есть множество взаимосвязанных факторов, влияющих на возможность создания экологичной городской среды (на основе реконструкции или нового строительства). Эти факторы подразделяются:

на экономические (уровень экономического развития страны и городов; уровень совершенства технологий в различных отраслях хозяйства; негативный груз прошлых решений при создании городов и городской среды; зависимость от ресурсов других стран — большой экологический след, распространяющийся на отдаленные территории; наличие экономических ресурсов для применения более чистых технологий, устранения прежних загрязнений; степень соответствия уровня развития и удовлетворения потребностей природно-ресурсному потенциалу);

социально-политические (уровень социальной устойчивости страны и города; равноправие, равный доступ к ресурсам, социальным благам, обучению, занятости; борьба с преступностью, нищетой, бездомностью);

географические (природно-климатические условия региона и городов; продуктивность ландшафтов; биоразнообразие; наличие

и богатство возобновляемых ресурсов; наличие разнообразных природных ресурсов);

экологические (тип ландшафта и климата; процент сохраненных естественных территорий; степень озеленения территорий; качество воздуха, всех видов воды, почвы; биоразнообразие и степень сохранности местной флоры и фауны; наличие различных видов загрязнений и их увеличение или сокращение; степень приближения к экологическому равновесию);

физические, технические (площадь территории; плотность населения; степень обеспечения собственными ресурсами; степень обеспечения возобновляемыми ресурсами; степень «жесткости» природно-климатических условий; уровень развития технологий; уровень «чистоты» технологий, их энтропийности);

культурные, этические (степень этичности отношения к природе, этическое образование и воспитание, приятие экологической этики; степень согласия общества с необходимостью экологически обоснованного ограничения потребления; наличие системы экологического образования и воспитания, в том числе архитектурно-ландшафтной средой города и жилищ);

этнические (традиции в создании жилищ и поселений; традиционные технологии в жилище и городе; предпочтения в показателях качества среды и жизни; традиции по отношению к флоре и фауне; традиции быта — чистота жилища, одежды, санация и др.).

Вместе с тем структура экологичных городов с такой средой, вероятно, будет разнообразна в связи с разнообразием ландшафтов, климата, социально-экономических и социально-экологических условий, этнических предпочтений и др.

Автор предлагает следующие общие требования к структуре экологичного города с благоприятной городской средой вне зависимости от его размера, климатических условий и др.

#### 1. Создание здоровых внешней и внутренней сред жизни:

экологичная среда жизни, чистый воздух, вода, озеленение; сенсорная экологичность, экологическая красота здания и участка;

близкая к природной звуковая среда в здании и рядом с ним;

близкая к природной среда запахов;

экологически обоснованный объем внутренней и внешней сред на одного жителя (индивидуального экологического следа жителя здания);

«умные» системы в здании и вне здания для контроля качества среды;

«умные» системы для контроля состояния здоровья жителей.

#### 2. Сохранение и поддержка природы, сокращение площади застройки:

озеленение всех доступных вертикальных и горизонтальных поверхностей;

озеленение искусственно созданных грунтозаполненных объемов в зданиях и инженерных сооружениях;

строительство зданий, поднятых над поверхностью грунта на высоту этажа с озеленением поверхности под ними, надземно-подземных зданий;

строительство обвалованных зданий с озеленением поверхности над ними;

строительство зданий на неудобьях (на склонах, в лощинах и т. п.);

создание укрытий для птиц и мелких животных;

пермакультура, производство экологически чистой биопродукции на всех озелененных поверхностях зданий и города.

3. Экологически и экономически сбалансированный выбор строительных материалов:

возобновляемые материалы;

рециклируемые материалы; конструкции, приспособленные к разборке и повторному использованию;

материалы, не загрязняющие среду в течение срока жизни;

материалы, улучшающие состав воздуха;

местные строительные материалы;

материалы, требующие минимума энергии для их производства.

4. Ресурсоэффективность, экономическая эффективность эксплуатации, независимость от внешних сетей.

А. Обеспечение энергоэффективности и использование возобновляемой энергии:

ориентация здания для лучшей инсоляции, затенения и улучшенного естественного освещения; использование систем улучшенного ввода дневного света в здания;

создание эффективного микроклимата в здании;

использование ограждающих конструкций с эффективными теплозащитными свойствами;

использование естественных систем нагрева, проветривания, кондиционирования;

использование альтернативных источников энергии, пассивных систем;

минимизация электрических нагрузок от освещения, оборудования;

исключение негативных эффектов («теплые острова», «каньоны» улиц, «колодцы» дворов и др.), ухудшающих эксплуатацию.

Б. Обеспечение эффективности водопотребления и водопользования:

сбор, хранение и использование «серой» (дождевой, после ванн) воды для ирригации и смыва в туалетах;

минимизация затрат на санитарную обработку воды путем повторного использования «серой» (дождевой, после ванн) воды и экономящих воду устройств;

использование системы хранения и обработки воды в процессе эксплуатации здания;

использование альтернативных методов обработки загрязненных стоков («черной» воды — стоков из туалета), в том числе «живых машин» («болот» с густой растительностью), без отвода стоков во внешние сети;

создание общих для нескольких зданий систем сбора и повышенного потребления воды (общие прачечные, плавательные бассейны и др.).

**В. Обеспечение эффективности использования, сохранения и рециркуляции материалов:**

применение экологически и экономически эффективных материалов;

использование материалосберегающих конструктивных решений (оболочки, структуры, мембраны, композиты и др.);

применение конструкций, пригодных для разборки и демонтажа с минимальными потерями;

повторное использование частей здания, оборудования, мебели; минимизация расхода материалов путем их повторного использования;

применение материалов, требующих минимума затрат энергии и труда при разборке.

**5. Минимизация негативного экологического воздействия зданий, отходов:**

создание системы утилизации всех отходов от зданий и участка; исключение негативных воздействий при строительстве, эксплуатации и разборке;

сохранение ландшафтной целостности участка и растительности;

использование местных растений для культурных ландшафтов; исключение химических методов борьбы с вредителями;

поддержка зеленых коридоров.

**6. Повышение экологического качества внутренней среды:**

сокращение содержания вредных летучих веществ в стройматериалах.

минимизация возможности для роста микробов;

контроль поступления свежего воздуха;

контроль содержания летучих веществ в обслуживающих материалах;

минимизация загрязнений от деятельности жителей;

адекватный акустический контроль.

обеспечение доступа к дневному свету, к общественным удобствам.

**7. Решение экологических и других проблем жилого комплекса (поселка, городского квартала, города), его устойчивости, в том числе к катастрофам:**

создание общих систем для комплекса зданий (водопользования, сбора «серой» воды, солнечных батарей, ветроагрегатов, очистки);

создание единого архитектурно-ландшафтного ансамбля;

обеспечение легкого доступа к местам работы, учебы с помощью массового транспорта, пешеходных и велосипедных дорожек;

учет культуры и истории сообщества при проектировании зданий и архитектурных ансамблей;

учет климатических характеристик, влияющих на проект зданий и на выбор строительных материалов;

стимулирование различными способами «зеленого проектирования» и создания устойчивой среды города;

создание инфраструктуры для рециркуляции после разрушения;

обеспечение региональной экологической пригодности изделий;

обеспечение устойчивости зданий и города в целом к катастрофическим воздействиям.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Как в ходе истории города взаимодействовали с окружающей средой?

2. Опишите этапы формирования городской среды. Когда возникли проблемы качества городской среды?

3. Какова структура урбоэкологии?

4. Что такое экосистема и как взаимодействует с ней город?

5. Какова пространственная структура экологического каркаса расселения?

6. Опишите идеальные города прошлого и современные проблемы формирования городской среды.

7. Каковы требования к здоровой городской среде?

8. Каковы проблемы создания экологичной городской среды в России?

9. Опишите основные требования к структуре города с благоприятной городской средой.

10. Опишите плюсы и минусы компактных (многоэтажных) и малоэтажных городов.

## 2.1. СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

По мере развития человечества, освоения природной среды и роста урбанизированных территорий поселения во взаимодействии с окружающей их природной средой превратились в новую динамичную, не известную ранее в истории планеты социально-экологическую (геосоциальную) систему разных уровней — от локального до глобального (рис. 2.1). Новая для планеты городская среда возникла как следствие развития поселений и их воздействия на природную среду.

Город, взаимодействуя с природой, выделяет в окружающую среду множество разнообразных материалов, веществ и энергии, и в город также поступают материалы, вещества, энергия (рис.



Рис. 2.1. Социально-экологическая система и среда жизни

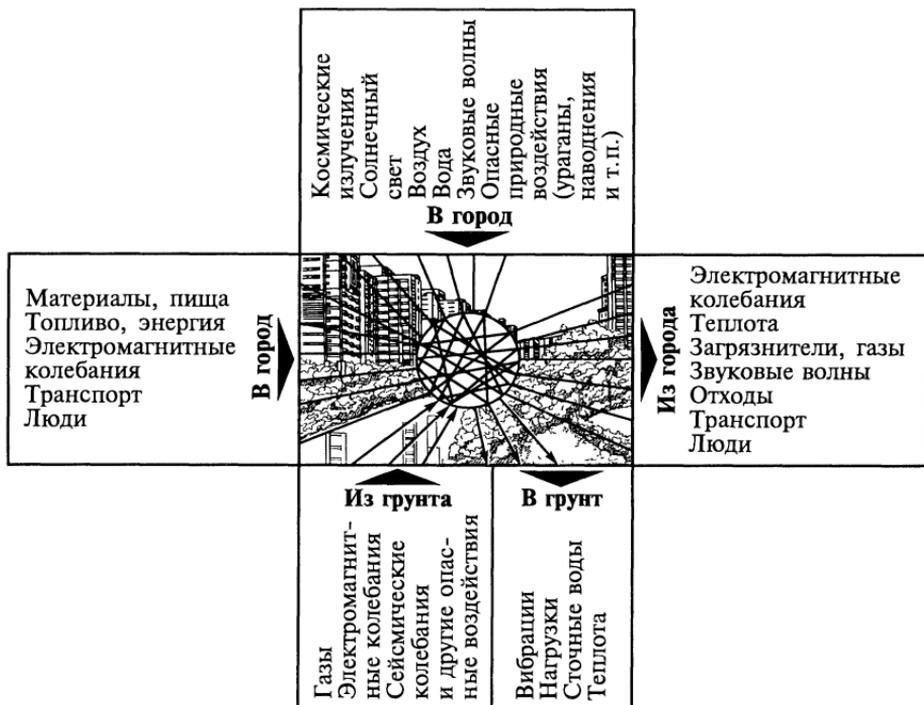


Рис. 2.2. Поток веществ и энергии из окружающей среды в город и обратно

2.2). Внутри города эти потоки пересекаются и взаимодействуют (люди производят изделия, энергию, потребляют пищу и воду и т.д.), что приводит к появлению новых изделий, веществ и воздействий. Множество видов веществ и энергии после их использования в городе поступает в природу, в том числе в атмосферу, гидросферу, почву в виде загрязнений. Знание основ взаимодействия города и природы как геосоциальной системы может помочь разработке более экологических путей развития города, направлений формирования здоровой и комфортной городской среды.

В социально-экологические системы входят два основных взаимодействующих компонента — социальный и экологический, которые в экологичном городе с благоприятной городской средой должны быть устойчивы, обладать способностью к самоадаптации, самоприспособлению. Социальный компонент включает в себя человеческое сообщество (жителей), все виды деятельности, все искусственные объекты и застроенные территории и обычно находится в границах населенной территории. Экологический компонент — это все виды природных территорий и природных ресурсов, в том числе естественные и культурные ландшафты, составляющие экологический след. Поэтому при большом экологическом следе, распространяющемся далеко за пределы городов и

стран, предполагаемый процесс самоадаптации существенно осложняется. Она в этом случае зависит от территорий, расположенных далеко от города и страны, и может быть неосуществима.

Необходимая человеку и биосфере устойчивость социально-экологической системы — это не неизменяемость, а способность к адаптациям в меняющемся мире. Адаптивная способность экологического компонента связана с сохранением необходимой экологической инфраструктуры, экологически обоснованного объема естественной природы с генетическим и биологическим разнообразием. Адаптивная способность социального компонента зависит от удовлетворения обоснованного круга потребностей, поддержки стремления к равноправию, хорошей системы управления и быстрого реагирования на возникающие ситуации, гибкости в решениях проблем, оптимального и принимаемого обществом баланса между властью и разными группами общества и т. д.

Поддержание устойчивой социально-экологической системы города и его среды — это не консервация динамичной среды. Оно означает способность системы выдерживать внешние и внутренние воздействия без разрушения и изменения фундаментальных функций, способность возвращаться в исходное состояние после изменений под влиянием негативных факторов, т. е. самоадаптацию, самоприспособление. Социальный и экологический компоненты системы не только постоянно изменяются, но и активно взаимодействуют между собой, влияют друг на друга. Состояние устойчивости социально-экологической системы зависит и от степени позитивности или негативности взаимодействия и взаимовлияния ее компонентов.

В условиях объективной неустойчивости мира адаптивная способность социально-экологических систем имеет фундаментальную ценность как условие их развития. Поэтому актуальнейшей проблемой человечества является создание максимально «эластичных», адаптивных социально-экологических систем городов, государств, всей планеты. Для решения проблемы устойчивости экологического компонента нужно обеспечить сохранение не менее 60 % всех элементов ландшафтов (литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы) в естественном состоянии с сохранением биоразнообразия. В условиях большого экологического следа эта задача может быть частично решена путем экологичной реставрации ландшафтов и экологичной реконструкции поселений. Люди должны обеспечить устойчивое существование в городах и вокруг них экологически обоснованных территорий естественной (дикой) природы, соединенных зелеными коридорами и территориями. Архитектурно-ландшафтная среда поселений должна поощрять контакты жителей с разнообразной природной флорой и фауной, контакты между людьми, формировать экологичное мышление жителей города средствами ландшафтной архитектуры и территорий естественной природы.

Адаптивное управление социально-экологической системой городской среды направлено на поддержание эластичности (упругости) экосистем, их способности справиться с воздействиями. Искусственное управление не может заменить естественные связи, механизмы естественных самоадаптаций. Оно должно «мягко» адаптироваться к этим естественным явлениям. Для этого необходимо поддержание обоснованного объема и высокого качества целостной экологической инфраструктуры.

Целостность любой социально-экологической системы — это внутренняя причинно-следственная обусловленность ее составных частей, включающих в себя множество сторон и связей с уравнивающими, в том числе и с противоположными, свойствами. Целостность этой системы предполагает органичное включение в нее множества природных факторов, предметов и явлений, которые ранее могли восприниматься человеком как негативные (например, болота, различные некультурные ландшафты, опасные, неприятные и вредные представители флоры и фауны и др.) и требовали, по его мнению, исключения, удаления из городской и пригородной среды. Нужно иметь в виду, что природе необходимо поддержание исторически сложившегося и обеспечивающего продолжение жизни естественного круговорота веществ, сохранение всего многообразия взаимоотношений, которое зачастую негативно воспринимается человеком. Множество организмов живой природы находится во множестве взаимоотношений, в «глобальной сети жизни», что является одним из определяющих факторов естественной эволюции и дивергенции видов, поддержания гомеостаза.

Учитывая объективную необходимость биоразнообразия, не нужно искоренять неудобные для человека естественные ландшафты, полные неприятных и даже опасных для него хищников и насекомых. Опасна как раз односторонность, культурность ландшафтов Земли. Не нужно бороться за полное уничтожение болот как чрезвычайно неудобных для человека территорий. Осушать болота, превращать пустыни в цветущие сады, размораживать ледники и делать вместо вечномёрзлых грунтов некие оазисы, уничтожать леса, срезать горы, менять течение рек, полностью уничтожать отдельные виды животных, заменять биоразнообразие однообразием культурных и полезных для человека растений — значит исключать необходимую эволюционную множественность природы, ее способность к самоадаптации.

Городская среда — это множественная социально-экологическая система, которая должна обладать способностью к самоадаптации, к поддержанию высокого качества. Необходимым условием поддержания здоровой среды жизни в экологичном городе является постепенное исключение всех негативных воздействий при сохранении необходимого объема экологической инфраструктуры внутри города и в прилегающих областях.

## 2.2. НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГОРОДСКУЮ СРЕДУ

Для здоровой городской среды неприемлемы негативные воздействия, создаваемые городами, техникой и человеком. К таким воздействиям относятся:

загрязнения, т. е. внесение в среду нехарактерных для нее новых физических, химических или биологических агентов либо превышение имеющегося естественного уровня этих агентов;

технические преобразования и разрушения природных систем и ландшафтов. Этот вид воздействий чрезвычайно опасен, так как ведет к изменению основы ландшафта;

исчерпание природных ресурсов (полезных ископаемых, воды, воздуха, леса и др.);

глобальные климатические воздействия (изменение климата в связи с деятельностью человека);

эстетические воздействия (изменение природных форм, возведение искусственных объектов, неблагоприятных для восприятия).

Природная экосистема — биогеоценоз — устойчиво функционирует только при постоянном взаимодействии элементов, круговороте веществ, передаче химической, генетической и другой энергии и информации по цепям-каналам. При этом устойчивость экосистем обеспечивается обратной связью между ее элементами. Обратная связь заключается в использовании получаемых данных от управляемых компонентов экосистем для внесения корректив управляющими компонентами в процесс. Принцип обратной связи позволяет поддерживать равновесие, которое исключает исчезновение любого звена трофической цепи. Но в природе существуют и нарушения в каналах передачи информации и обратной связи (стихийные бедствия — засухи, наводнения, землетрясения, а также болезни). В каналах обратной связи возможно появление помех, которые носят случайный характер.

Экосистема может устойчиво функционировать только в пределах той области нарушения обратных связей, когда ее элементы еще способны компенсировать отклонения, определяемые положительной обратной связью (например, при введении загрязнений в водную экосистему она способна самоочищаться). Эта область устойчивости экосистемы называется гомеостатическим плато. В пределах (верхнем и нижнем) действия обратных связей экосистема за счет компенсаторных регуляторов сохраняет устойчивость, причем в условиях антропогенных нагрузок для устойчивого функционирования экосистем человек должен сам играть роль компенсаторного регулятора, озеленяя землю в местах вырубленных лесов, очищая воду, воздух и т. д. Помехи как результат человеческой деятельности нарушают экосистемы практически на всем

земном шаре. Особенно они опасны вследствие прерывания биотического круговорота (застройка городов, изменение ландшафта и др.).

Из всех видов антропогенных воздействий наиболее опасны загрязнения — фактор, существенно разрушающий природу, приводящий как к необратимому изменению отдельных экосистем и биосферы в целом, так и к потере материальных ценностей, энергии, труда, затраченных человеком. Загрязнения могут быть природными (из-за природных катастроф) и антропогенными (вызванными деятельностью человека). Антропогенные загрязнения подразделяются на физические, химические, механические и биологические.

*Физическое* загрязнение может быть: тепловым — вследствие повышения температуры из-за потерь теплоты на объектах промышленности, энергетики, в жилых домах и др.; шумовым — из-за превышения интенсивности шума вследствие работы предприятий, движения транспорта и т. д.; световым — из-за превышения освещенности, создаваемой искусственными источниками света; электромагнитным — в результате действия радио, телевидения, промышленных установок, линий электропередачи; радиоактивным — из-за превышения естественного радиоактивного уровня (фона). Физические загрязнения могут привести к развитию аномалий у животных и растений.

*Химическое* загрязнение вызывается внесением в природную среду каких-либо новых химических соединений или повышением концентрации присутствующих в ней химических веществ. Многие из химических веществ активны и взаимодействуют с молекулами веществ, входящих в состав живого организма, либо активно окисляются на воздухе, становясь при этом ядовитыми по отношению к живым организмам. Особенно опасны не свойственные природе вещества (ксенобиотики) — тяжелые металлы, полициклические углеводороды и нитрозоамины, асбест. Опасны нарушения метаболизма и регуляторных процессов под действием химических веществ, а также мутагенность и канцерогенность.

*Механическое* загрязнение, вызываемое веществами, не оказывающими на среду физического или химического воздействия, характерно для строительства и производства строительных материалов. К вызывающим механическое загрязнение веществам относятся отходы камнепиления, производства железобетона, а также отходы при реконструкции и ремонте. Эти загрязнения становятся опасны, смешиваясь с почвой в городе, меняя ее структуру и некоторые свойства.

*Биологическое и микробиологическое* загрязнения происходят при поступлении в окружающую среду биологических отходов или в результате быстрого размножения микроорганизмов на антропогенных субстратах.

Есть еще одно специфическое для строительства загрязнение — *визуальное*, или *эстетическое*, заключающееся в неблагоприятном изменении ландшафта из-за строительства негармонирующих с природными образованиями зданий и сооружений, производящих негативное впечатление, ухудшающих исторически сложившийся внешний вид ландшафта.

Урбанизация негативно влияет на все сферы Земли. Очень опасны воздействия на литосферу — твердую оболочку Земли (рис. 2.3). В первую очередь происходит загрязнение и исключение из хозяйственного оборота почвы как наиболее доступного элемента литосферы. На литосферу постоянно влияют естественные источники, но при этом не нарушаются равновесие и ход привычных геологических процессов. Искусственные источники вызывают целый ряд негативных процессов, приводящих к истощению почв, исключению их из сельскохозяйственного пользования. Наибольший ущерб наносит эрозия. Естественная геологическая эрозия протекает медленно, но обусловленная деятельностью человека

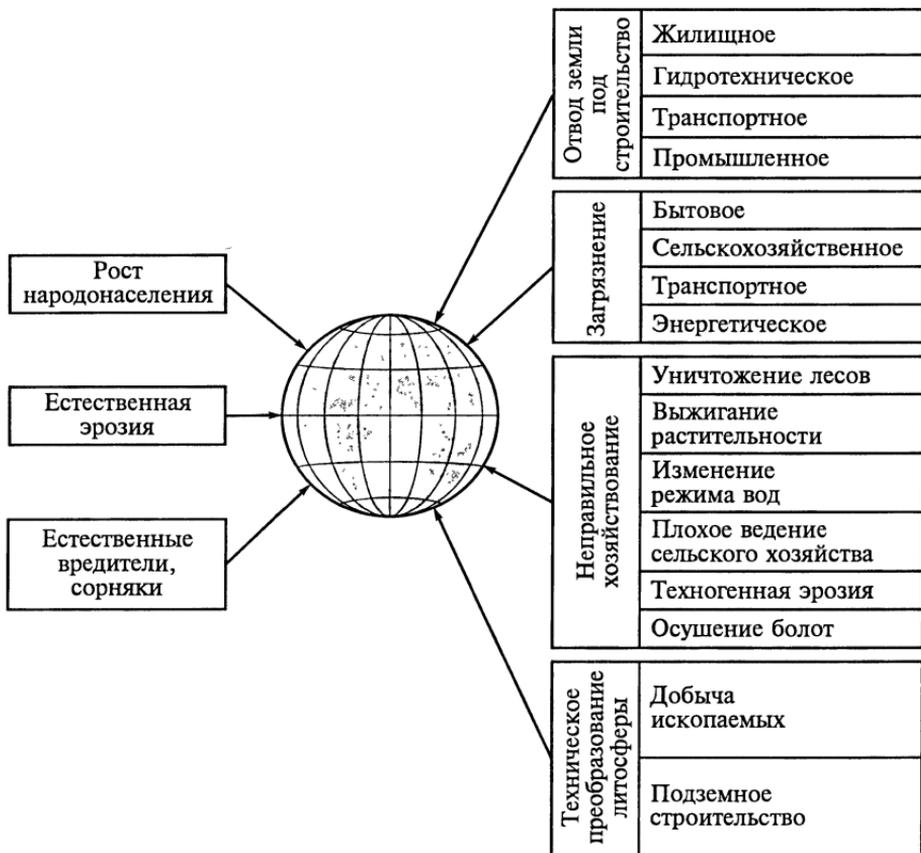


Рис. 2.3. Схема загрязнения литосферы и изъятия земли

ускоренная эрозия приводит к смыву, выдуванию почвы, образованию оврагов, уплотнению и другим явлениям, снижающими урожайность. Такая эрозия возникает в результате неконтролируемого строительства дорог, каналов, траншей, вырубки лесов, нарушений мелиоративного режима, сбросов промышленных стоков.

Негативное влияние оказывают кислые осадки (кислотные дожди), разрушающие структуру почвы, губящие микроорганизмы, а также тяжелые металлы — свинец, ртуть, цинк, кадмий, селен, марганец и др. До 4...5 тыс. т ртути попадает в почву с пестицидами и промышленными отходами. Свинец поступает в результате эксплуатации автотранспорта, из промышленных отходов. Из каждой тонны добытого свинца около 25 кг попадает в почву. На расстоянии до 200 м от автодорог содержание свинца в 25...30 раз превышает допустимый уровень. У перекрестков улиц больших городов содержание свинца в 200...300 раз превосходит фоновое, и это число неуклонно растет. От жилых домов и бытовых предприятий в последние годы в почву все больше попадает бытового мусора, фекалий, пищевых отходов, строительного мусора. Вокруг любого населенного пункта, как правило, наряду с официальными свалками отходов, через которые в грунт и грунтовые воды попадает большое количество загрязнений, существуют сотни стихийных. Еще больше их на территориях предприятий, откуда загрязнения переносятся в почву поверхностными водами и ветром. Промышленные предприятия заполняют хвостохранилища, шламовые пруды, накопители солями цветных и тяжелых металлов, цианидами, соединениями мышьяка, отходами производства фенола и бензола. Теплоэнергетические предприятия выбрасывают в воздух оксиды серы, сажу, которые с дождем попадают в почву.

При повышении содержания легкорастворимых солей почвы становятся засоленными, в результате погибают сельскохозяйственные растения или замедляется их рост. В городах резко меняется одно из важнейших свойств почвы — ее поглощательные способности (механическая, физическая, физико-химическая (обменная), химическая и биологическая). Механическая поглощательная способность почв ухудшается вследствие их смешивания с различными отходами, в первую очередь со строительным мусором, что ведет к высокой дренажности и плохому задерживанию суспензий. Так, в почвах парков содержание примесей составляет 1...5 %, а в почвах, используемых для уличного озеленения, — 60...80 %.

Загрязнение некоторыми веществами отрицательно сказывается на почвообразовательном процессе. Снижается не только физико-химическая поглощательная способность коллоидных частиц, т. е. способность удерживать и обменивать ионы с почвенным раствором, но и химическая поглощательная способность, т. е. спо-

способность задерживать катионы и анионы в форме нерастворимых или труднорастворимых соединений. Оказалось, что более естественные, мало измененные почвы гораздо лучше удерживают катионы и анионы солей в нерастворимом или труднорастворимом состояниях. Биологическая поглотительная способность почв обеспечивает закрепление азота и всех других важнейших элементов питания в соотношениях, наиболее выгодных для растений. Выявлено, что в почвах, используемых для уличных посадок, содержание азота, фосфора, калия намного ниже, чем в почвах парков и других менее загрязненных территорий.

Опасны негативные воздействия на гидросферу — водную оболочку Земли, состоящую из океанов, морей, озер, рек, прудов, болот, подземных вод (рис. 2.4). Площадь гидросферы составляет 70,8 % площади поверхности земли, тогда как ее объем — всего около 0,1 % объема земного шара. Доля пресной воды составляет лишь 2,5 %, при этом 70 % ее заключено в ледниках полярных районов и гор. Подземные пресные воды находятся на различной глубине (до 150... 200 м), ниже 200 м они переходят в засоленные. Кроме обычной воды в состав гидросферы входит биологическая вода, содержащаяся в живых организмах и растениях. При общей



Рис. 2.4. Схема загрязнения гидросферы и круговорота воды

массе живого вещества биосферы 1400 млрд т масса биологической воды составляет около 80 %, или 1120 млрд т.

Роль гидросферы в жизни Земли исключительно велика. Вода совершает непрерывный круговорот по замкнутой цепи океан — атмосфера — суша — океан при различной скорости водообмена. Речные воды меняются 32 раза в год, подземные — один раз в 5 тыс. лет. Из Мирового океана в атмосферу испаряется ежегодно около 505 тыс. км<sup>3</sup> воды, основная часть ее (458 тыс. км<sup>3</sup>) попадает в океан в виде осадков, а примерно 47 тыс. км<sup>3</sup> переносится ветром и выпадает на поверхность суши. Гидросфера представляет собой аккумулятор органических и неорганических веществ, переносимых реками и атмосферными потоками и образующимися в водоемах.

В последнее десятилетие резко увеличились потребности в пресной воде. Ежегодно на бытовое, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение расходуется до 3500 км<sup>3</sup> пресной воды, причем с каждым годом этот расход возрастает на огромную величину — 10 млрд м<sup>3</sup>. Безвозвратно потребляется около 150 км<sup>3</sup> воды в год, остальная вода возвращается в виде стоков. Около 70 % всей потребляемой пресной воды расходуется в сельском хозяйстве. В химической промышленности на производство 1 т азотной кислоты уходит более 100 м<sup>3</sup> воды, на изготовление 1 т синтетического волокна и пластмасс — около 1000 м<sup>3</sup>. В металлургии на производство 1 т чугуна требуется 200 м<sup>3</sup> воды, 1 т никеля — 4000 м<sup>3</sup>. Электростанция мощностью 1 млн кВт использует до 625 млн м<sup>3</sup> воды в год, а для охлаждения турбогенераторов всех тепловых станций в мире расходуется около 250 км<sup>3</sup> пресной воды [13]. Бытовое потребление воды в современном городе составляет до 200... 300 л на человека, поэтому город с населением 3 млн чел. в сутки потребляет до 0,9 млн м<sup>3</sup> воды, а в год — до 0,3 км<sup>3</sup>. При этом к качеству бытовой воды (совокупности физических, химических, биологических и бактериологических показателей) предъявляются высокие требования.

В несколько упрощенном виде круговорот воды в природе можно представить в виде испарения ее с поверхности гидросферы и суши, изъятия на бытовые и промышленные нужды и возврата в гидросферу в виде осадков и стоков. При этом вся возвращаемая вода загрязнена: атмосферные осадки — вымываемыми из воздуха и смываемыми при стекании по улицам и промышленным площадкам загрязнителями; городские сточные воды — фекалиями, моющими средствами, микроорганизмами, в том числе патогенными; промышленные сточные воды — различными компонентами жидких отходов; реакционные воды — продуктами реакции и исходными веществами и т. д. Из внутренних водоемов загрязнители поступают в мировой океан, который в первую очередь страдает от попадания в него нефти и нефтепродуктов (до 10 млн т в год)

из-за аварий при бурении, эксплуатации платформ на шельфе, аварий танкеров и т. п. Помимо нефти, нарушающей биологическую продуктивность морских экосистем, в океан сбрасываются промышленные отходы, в том числе органические с патогенными микроорганизмами. Большую опасность для обитающих в воде живых существ представляют пластмассовая тара (пленка) и радиоактивные выбросы. Негативная эволюция гидросферы таит немалую угрозу. Процессы самоочищения протекают в ней медленно, количество загрязнителей огромно, их взаимодействие в воде иногда отличается повышенной опасностью; возможно резкое увеличение концентрации загрязнителей в пищевой цепи, в конце которой находится человек.

Загрязнение атмосферы вызывается естественными и искусственными источниками, выбрасывающими твердые, жидкие, газообразные и смешанные вещества (рис. 2.5). Эти выбросы могут быть периодическими или непрерывными, с очисткой или без очистки, нагретыми или холодными, организованными (через специальные сооружения — трубы, газоходы) или неорганизованными (в результате нарушений технологии, аварий). Атмосфера является газовой оболочкой Земли и состоит из механической

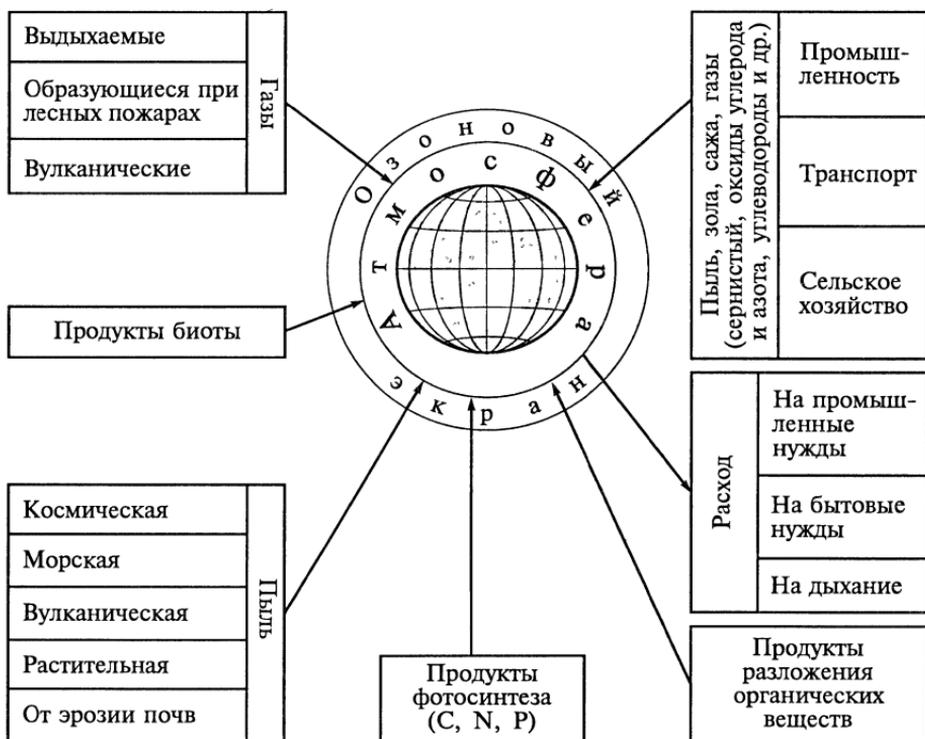


Рис. 2.5. Схема загрязнения атмосферы и круговорота веществ в ней

смеси не взаимодействующих между собой газов — азота (78,08 %), кислорода (20,95 %), аргона (0,93 %), углекислого газа (0,03 %), водорода, неона, гелия и др. В стратосфере на высоте 25...35 км расположен слой озона (озоновый экран), поглощающий ультрафиолетовое излучение Солнца и вырабатывающий кислород.

Природными загрязнителями атмосферы являются газы, пыль и продукты разложения растений, животных, микроорганизмов. Отличие природных источников загрязнений от искусственных состоит в том, что даже при значительной интенсивности действия (например, после извержения вулкана Кракатау в 1883 г. пыль окутала весь земной шар) они не оказывают существенно вредного влияния на природу.

К искусственным источникам загрязнений атмосферы относятся предприятия сельского хозяйства, транспорта, бытовые и другие объекты, осуществляющие выброс в атмосферу газов, пыли, сажи. Наиболее массово в атмосферу поступают зола, пыль, оксид цинка, силикат, хлорид свинца, сернистый ангидрид, серный ангидрит, смолы, оксид и диоксид азота, аммиак, озон, оксид и диоксид углерода, фтористый водород, хлористый водород, кремнефтористый натрий, радиоактивные газы, аэрозоли. Ежегодно в мире сжигается около 10 млрд т органического топлива, перерабатывается около 2 млрд т рудных и сыпучих нерудных материалов, в воздух выбрасывается до 200...300 млн т различной пыли и золы.

Атмосферу загрязняют все виды транспорта, однако больше всего — автомобильный, на долю которого приходится около 55 % транспортного загрязнения атмосферы. Один автомобиль, проходя в год 15 тыс. км, потребляет около 4 т кислорода, сжигает примерно 2...3 т топлива и выбрасывает в окружающую среду 3,25 т диоксида углерода, 530 кг оксида углерода, 27 кг оксида азота и 10 кг резиновой пыли. Пассажирский самолет, перелетая через Атлантический океан, сжигает более 35 т кислорода, содержащегося в 120 тыс. м<sup>3</sup> воздуха, и выбрасывает загрязняющие вещества на большой высоте.

Чрезвычайно велико загрязнение атмосферы тепловыми электростанциями. В результате сжигания в течение года 2,1 млрд т каменного и 0,8 млрд т бурого угля в окружающую среду выбрасывается 225 тыс. т мышьяка (для сравнения: годовое производство мышьяка в мире составляет 40 тыс. т), 255 тыс. т германия (производится 100 тыс. т), 153 тыс. т кобальта (производится 1,3 тыс. т). Предприятия черной металлургии выбрасывают пыль, газы — оксиды серы и металлов. При работе агломерационных фабрик в атмосферу поступают пыль и диоксиды серы. Предприятия химической промышленности загрязняют атмосферу диоксидом серы, фтористым водородом, хлором, оксидом азота. Заводы строительных материалов выбрасывают пыль, фториды, диоксиды серы и азота.

От нефтеперерабатывающих предприятий в атмосферу поступают углеводороды, сероводород, стирол, толуол, ацетон и другие вещества.

Серьезным фактором стало радиоактивное загрязнение атмосферы в результате ядерных взрывов, работы атомных установок и естественной радиоактивности.

В последние годы в связи с ростом числа электронных приборов появился еще один вид загрязнения атмосферы — электронный смог, представляющий собой высокую концентрацию микроволн, способную ухудшать здоровье человека. Особо опасно действие электромагнитных излучений от линий электропередач. Исследования, проведенные в США, где насчитывается более 3 млн км ЛЭП, выявили отрицательное влияние таких излучений на биологические процессы в организмах, активность гормонов, синтез генетического материала, поток химических веществ и др. Это вынуждает менять трассы ЛЭП, не разрешать строительство жилья вблизи ЛЭП и т.д. Опасны и другие источники электромагнитных излучений — экраны телевизоров, компьютеров, сотовые телефоны и т.д.

Быстрое загрязнение атмосферы — наиболее опасное последствие техногенной эволюции городской среды, так как дыхание — основа жизни любого организма. Химические вещества, проникая, например, в растения, нарушают обмен веществ, структуру листьев и побегов. Загрязнение атмосферы различными газами и пылью ведет к синэнергетическому (совместному усиленному) воздействию на растения и животных. Химическое загрязнение атмосферы отрицательно сказывается в глобальном масштабе. Нагрев атмосферы и поверхности земли Солнцем в разных частях земного шара различен, поэтому над землей происходит сложная циркуляция воздушных течений, загрязнения перемешиваются и переносятся на большие расстояния. Меняется энергетический баланс планеты ввиду изменения альбедо (отражательной способности) Земли, увеличивается солнечная радиация, отраженная от частичек пыли в атмосфере, и уменьшается отражение от запыленных ледников, что вызывает их таяние. В последние годы, возможно, происходит глобальное повышение температуры атмосферы ввиду постоянного роста содержания диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), которое удваивается каждые 23 года. Ежегодно в окружающей среде рассеивается  $14,2 \cdot 10^{16}$  кДж теплоты от сжигания топлива, что ведет к повышению температуры.

Загрязнение атмосферы отдельными видами газов (фреоном, продуктами сгорания ракетного топлива и др.) может вызвать разрушение озонового слоя, защищающего все живое на Земле от ультрафиолетового излучения. Химические загрязнения в атмосфере вступают в реакции, зависящие от вида и времени их пребывания в атмосфере. Диоксид серы, выбрасываемый дымовыми трубами и

сохраняющийся до нескольких дней, превращается в серную кислоту. Оксид азота и диоксиды азота гидролизуются в азотную кислоту. Для охраны атмосферного воздуха необходим комплекс мер по исключению выделений загрязнений в источнике их образования, улучшению состава и совершенствованию транспорта, расширению зеленых насаждений и контролю состояния среды. Особо внимания заслуживает сохранение озонового слоя (его толщина, если собрать весь озон при нормальном давлении и температуре 20 °С, составит всего 2,5... 3 мм).

Все виды загрязнений в итоге влияют на биосферу, оказывая техногенные вклады в ее эволюцию (рис. 2.6). Воздействия передаются живым организмам через «ворота» — аэрогенные (дыхание), пероральные (питание), слух, кожный покров и др. Особенно опасны загрязнения, нарушающие генетическую устойчивость, увеличивающие частоту мутаций. Мутантные гены обуславливают



Рис. 2.6. Схема загрязнения биосферы

гибель, уродства, наследственные заболевания. Они образуются под действием разнообразных загрязнений — в первую очередь излучений радионуклидов, ультрафиолетового, рентгеновского и гамма-излучений, химических соединений — биополимеров, алкалоидов, нитропроизводных мочевины, средств борьбы с вредителями в сельском хозяйстве. Многие химические соединения воздействуют на определенные органы и ткани (например, ДДТ и другие хлороводороды — на жировую ткань и органы, в которых есть жироподобные липоидные вещества — печень, половые органы и т. д.). Загрязнения в биоценозах передаются по трофическим цепям и накапливаются в организме ряда животных.

На растительность действуют загрязненная воздушная среда, загрязненная вода и почва, уплотнение почвы, высокая температура почвы летом под асфальтом.

Влияние широкого комплекса загрязнений городской среды на жителей городов и природу изучено недостаточно, так как период наблюдений мал, а действие загрязненной среды проявляется постепенно, на протяжении жизни многих поколений. Ясно только, что чем меньше загрязнений, тем лучше и для природы, и для человека. Известный российский эколог Н. Ф. Реймерс поставил эксперимент по определению влияния озеленения на здоровье людей (подсознательно все люди понимают необходимость наличия зеленых насаждений рядом с ними). Оказалось, что уровень здоровья людей выше в тех небольших и сопоставимых по числу жителей городов, где больше озелененной территории, приходящейся на жителя [16].

Уровень всех загрязнений среды нормируют путем установления предельно допустимых концентраций (ПДК) и времени воздействия. ПДК — это нормативное количество вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте с человеком или при воздействии на него в течение определенного промежутка времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК устанавливается в законодательном порядке или рекомендуется компетентными учреждениями. При определении ПДК учитывается не только степень влияния загрязнителей на здоровье человека, но и воздействие этих загрязнителей на природные сообщества в целом. Исследования последнего времени привели к выводу об отсутствии нижних безопасных порогов при канцерогенных воздействиях и ионизирующей радиации. Любое превышение ими привычных природных фонов опасно для живых организмов хотя бы генетически, в цепи поколений [13]. Значения ПДК постоянно уточняются, они приводятся в нормативных документах и специальной литературе (например, в [9] приведены значения допустимых загрязнений среды в зависимости от класса опасности и экологической ситуации).

**Таблица 2.1. Прямое и опосредованное влияние городских технологий на городскую среду**

| Вид деятельности  | Традиционные и альтернативные технологии  | Влияние на среду города   |
|-------------------|---|---|
| Удаление отходов  | Традиционные технологии: устройство свалок, централизованной канализации  | Загрязнение среды, изъятие территории, снижение качества городской среды  |
|                   | Альтернативные экотехнологии: утилизация отходов, биоочистка, получение биогаза и др.   | Исключение загрязнений, экономия энергии, получение удобрений и воды  |
| Получение теплоты | Традиционные технологии: сжигание углеводородов, централизованное снабжение теплотой  | Исчерпание ресурсов, загрязнения и нагрев атмосферы, потери теплоты   |
|                   | Альтернативные экотехнологии: получение возобновляемой энергии, утилизация потерь и экономия тепла  | Исключение загрязнений, экономия ресурсов, сокращение потерь теплоты, рост качества городской среды                                     |
| Застройка города  | Традиционная технология: застройка, приводящая к исчезновению почвенно-растительного слоя под зданиями и сооружениями                                 | Исключение экологического равновесия с природой, прерывание круговорота веществ и ухудшение очистки                                     |
|                   | Альтернативные экотехнологии: застройка, сохраняющая почвенно-растительный слой, рост площади озеленения, создание экологического каркаса и коридоров | Поддержание экологического равновесия с природой, обеспечение круговорота веществ, абсорбция загрязнений, рост качества городской среды |

Целью всей деятельности человека должно быть улучшение городской среды, сокращение и исключение загрязнений. Как уже отмечалось в предисловии, основным направлением улучшения городской среды является экологизация всех технологий. Экологичные технологии оказывают положительное влияние на качество городской среды (табл. 2.1).

### **2.3. КОМФОРТНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

Отсутствие загрязнений связано с важнейшим для жителей показателем качества городской среды — ее комфортностью.

Комфортность городской среды — это субъективное чувство и объективное состояние полного здоровья при данных условиях окружающей человека городской среды, включая ее природные и социально-экономические показатели [3, 9, 16]. В нее в качестве компонента входит комфортность городских ландшафтов — свойство этих ландшафтов вызывать субъективное чувство и объективное состояние благоприятной среды, обеспечивающей комплекс здоровья человека, в том числе комфортность визуальной, звуковой, запаховой сред, способствующих поддержанию здоровья.

Комфортная городская среда создает у жителей чувство полноценного здоровья и удовлетворения потребностей, но она не означает полное расслабление, покой, полную («стерильную») чистоту и отсутствие каких-либо воздействий. Полное отсутствие шумов так же неприятно, как и шумовое загрязнение, тогда как ряд звуков природы очень благоприятен для человека. Стерильно чистый воздух без приятных природных запахов так же неприятен, как и загрязненный. Самая приятная питьевая вода — это чистая природная вода, содержащая ряд минеральных добавок.

С точки зрения экологичной комфортной городской среды некоторые компоненты ландшафта этой среды имеют определяющее для здоровья жителей значение, требуют постоянного контроля и поддержания высокого качества. К ним относятся атмосферный воздух в городе и внутри зданий, все виды воды и почвенно-растительный слой. Особенное место по степени влияния на здоровье человека и других представителей городской и пригородной фауны принадлежит городскому воздуху и воде, которые напрямую попадают в организм через аэрогенные и пероральные «ворота». Поэтому поддержание хорошей городской среды предусматривает контроль этих компонентов ландшафта и управление их качеством.

В контроль и управление качеством воздуха входит установление предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязнений воздуха с помощью экспериментальных или расчетных методов. С одной стороны, эти ПДК должны быть близки к фоновым концентрациям на природных территориях (к содержанию веществ в воздухе, определяемому естественно происходящими глобальными и региональными процессами), с другой стороны, при существующих технологиях они не могут быть снижены до таких значений (табл. 2.2).

Как уже отмечалось в подразд. 2.2, допускается такая концентрация вредного вещества в воздушной среде, которая практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства при постоянном контакте или при воздействии в течение определенного промежутка времени. (Н. Ф. Реймерс указывает на ограниченность этого подхода, например когда речь идет о концентрациях радиоактивных веществ.)

Таблица 2.2. **Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе**

| Загрязняющее вещество | Значения ПДК, мг/м <sup>3</sup>            |                      |                |                               |
|-----------------------|--|----------------------|----------------|-------------------------------|
|                       | для растений в целом (максимально разовые) | для древесных пород  |                | для человека (среднесуточные) |
|                       |  | максимальные разовые | среднесуточные |                               |
| Диоксид серы          | 0,02                                       | 0,03                 | 0,015          | 0,5                           |
| Аммиак                | 0,05                                       | 0,1                  | 0,04           | 0,2                           |
| Бензол                | 0,1  | 0,1                  | 0,05           | 1,5                           |
| Хлор                  | 0,25                                       | 0,025                | 0,015          | 0,1                           |
| Сероводород           | 0,02                                       | 0,008                | 0,008          | 0,008                         |
| Формальдегид          | 0,02                                       | 0,02                 | 0,003          | 0,035                         |
| Пыль, цемент          | —  | 0,2                  | 0,05           | 0,5                           |
| Метанол               | 0,2  | 0,2                  | 0,1            | 1,0                           |

Важно установление минимальной пороговой концентрации, определяемой при помощи специальных медицинских тестов. ПДК учитывают возможность негативного воздействия на организм не только одного вредного вещества, содержащегося в воздухе, но и одновременно нескольких веществ (эффект суммации), взаимное усиление (синэргетический эффект) действия разных веществ. Эффектом суммации обладают, например, ацетон и фенол, озон, диоксид азота и формальдегид, сернистый ангидрид и сероводород, оксид углерода и фенол. Сернистый ангидрид ослабляет защитные механизмы дыхательной системы и тем самым делает организм более восприимчивым к канцерогенам, поэтому неблагоприятное воздействие от их совместного присутствия возрастет примерно в два раза.

Устанавливаются отдельные требования к уровням загрязнения воздуха в районах жилой застройки и на производственных предприятиях в рабочих зонах. Регламентация выбросов в атмосферу осуществляется на основе установления так называемых предельно допустимых выбросов (ПДВ). Предельно допустимый выброс вредного вещества в атмосферу — это норматив, при соблюдении которого концентрация загрязняющих веществ от источника в приземном слое воздуха не превышает нормативную концентрацию вредных веществ.

Экология городской среды предусматривает решение задач по обеспечению качества воздушной среды города и регламентированных выбросов вредных веществ в атмосферу путем создания

малоотходных, ресурсосберегающих технологических процессов и совершенствования экологической инфраструктуры города, его фитомелиорации, придания всем зданиям и инженерным сооружениям функций экологичности.

Контроль качества воды и управление им должны осуществляться на всех стадиях ее использования, но в первую очередь — при санитарной охране водоемов [1, 16]. Исключительная ценность воды состоит в том, что она играет важную роль в жизни всех биогеоценозов. В отличие от атмосферного воздуха вода локализована в пространстве, что существенно усиливает влияние ее возможного загрязнения на здоровье человека. Управление качеством воды заключается в предотвращении ее загрязнения, рациональном водопользовании и водопотреблении. Для этого необходимо установление допустимых нагрузок на водные объекты в результате водопользования и водопотребления. Водопользование — это использование воды без изъятия из мест локализации (рыбное хозяйство, водный транспорт, гидроэнергетика). Водопотребление — это использование воды с ее изъятием, частичным или полным расходом и возвращением в источники в загрязненном состоянии (сельское хозяйство, промышленность, городское хозяйство).

Предельно допустимое загрязнение воды в водном объекте — это предельно допустимая нагрузка на водный объект (ПДН), определяемая его физическими особенностями и способностью к нейтрализации загрязнений. Но ограничение ПДН только с точки зрения поступления в воду загрязнений недостаточно, так как использование воды может привести к разрушению экологической системы объекта. Необходимо применение нормативов предельно допустимой экологической нагрузки на водный объект (ПДЭН).

Если показатели состава и свойств воды в водном объекте изменились под антропогенным влиянием, что сделало воду непригодной для одного из видов водопользования, то такой водный объект считается загрязненным. Загрязненность воды в водном объекте — это повышенное по сравнению с нормой содержание в ней тех или иных нормируемых загрязнений, нарушающих нормативы качества воды. Критерием загрязненности воды является изменение органолептических свойств, появление вредных веществ, а иногда и изменение температурного режима, что ухудшает условия нормальной жизнедеятельности водных организмов.

В современных условиях глобального роста экологического следа водоохранные мероприятия приобретают особый смысл. В настоящее время необходимо учитывать глобальный характер влияния загрязнений на все аспекты водоохранных мероприятий — юридический, экономический, технический, организационный, экологический. Основное нормативное требование к качеству воды — соблюдение установленных ПДК, т. е. таких нормативных показа-

телей, которые исключают неблагоприятное влияние на организм человека и на нормальные условия хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и других видов водопользования. Лимитирующий показатель вредности воды отражает приоритетность требований к качеству воды в зависимости от вида водопользования.

Для обеспечения качества воды дополнительно нужно устанавливать предельно допустимый сброс (ПДС) вредных веществ, т.е. массу их в сточных водах, максимально допустимую к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени в целях обеспечения норм качества воды в контрольном пункте. ПДС устанавливается с учетом ПДК вредных веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ.

Очень важен для экологизации городской среды контроль загрязнения почвенно-растительного слоя. Почва — важнейший компонент любого биогеоценоза, отличающийся участием в экологическом цикле с помощью сложных физико-химических процессов, обусловленных деятельностью почвенных организмов и растений. Попадающие в почву загрязнения подвергаются особенно сильному метаболизму, тем более что процессы перемешивания примесей затруднены. В почве всегда присутствует большое количество мертвой органики — субстрата для микроорганизмов, в числе которых много болезнетворных. С микроорганизмами связаны процессы минерализации и гумификации органики. Комплексные гигиенические показатели санитарного состояния почв приведены в табл. 2.3 [1].

**Таблица 2.3. Комплексные гигиенические показатели санитарного состояния почв**

| Оценка качества почвы | Личинки и куколки в 0,25 м <sup>3</sup> почвы, шт. | Яйца гельминтов в 1 кг почвы, шт. | Колититр       | Титр анаэробных бактерий | Санитарное число |
|-----------------------|--|-----------------------------------|----------------|--------------------------|------------------|
| Чистая                | 0  | 0                                 | 1 и более      | 0,1 и более              | 0,98... 1,0      |
| Слабо загрязненная    | Единичные  | До 10                             | 1,0... 0,01    | 0,1 ... 0,001            | 0,85... 0,98     |
| Загрязненная          | 10... 25   | 11 ... 100                        | 0,01 ... 0,001 | 0,001 ... 0,00001        | 0,7... 0,80      |
| Сильно загрязненная   | Более 25   | Более 100                         | 0,001 и менее  | 0,00001 и менее          | 0,7 и менее      |

**Таблица 2.4. Предельно допустимая концентрация ряда пестицидов в почве и их допустимое остаточное количество в продуктах питания**

| Загрязняющее вещество    | ПДК, мг/кг почвы | ДОК, мг/кг продуктов | Загрязняющее вещество | ПДК, мг/кг почвы | ДОК, мг/кг продуктов |
|--------------------------|------------------|----------------------|-----------------------|------------------|----------------------|
| Хлорофос (инсектицид)    | 0,5              | 1,0                  | Карбофос (инсектицид) | 2,0              | 1,0 ... 3,0          |
| Гексахлоран (инсектицид) | 1,0              | 1,0                  | Хлорамп (арборицид)   | 0,05             | —                    |

Уплотнение почвы в пределах населенных пунктов и в пригородах при поступлении загрязняющих веществ может вызвать анаэробные процессы разложения, связанные с образованием токсичных жидкостей и дурно пахнущих газообразных веществ. Для оценки санитарного состояния почвы используются следующие показатели:

санитарно-химические (санитарное число, кислотность, биохимическое потребление кислорода, окисляемость, содержание сульфатов, хлоридов и др.);

санитарно-энтомологические (численность насекомых, связанных с жильем человека, в первую очередь мух);

санитарно-гельминтологические (численность гельминтов);

санитарно-бактериологические (численность бактерий кишечной группы и других микроорганизмов, вызывающих заболевания человека и домашних животных).

При этом нормируется содержание загрязняющих веществ в почве: ядохимикатов в корнеобитаемом слое на сельскохозяйственных угодьях, токсичных веществ на территории предприятий, загрязняющих веществ в жилых районах. Допустимая концентрация загрязняющих веществ оценивается с точки зрения попадания их в продукты питания, воздух, грунтовые воды, влияния на самоочищение почвы.

Для создания экологичной среды необходимо нормирование загрязняющих веществ в пищевых продуктах. Основной показатель — допустимое остаточное количество (ДОК) вредного вещества в продуктах питания или в урожае в период его сбора — выражается в граммах или миллиграммах на 1 кг кормовых или пищевых продуктов (табл. 2.4).

Для корнеобитаемого слоя почвы устанавливаются следующие показатели допустимой концентрации:

допустимая концентрация вещества в почве, при которой его содержание в пищевых и кормовых цепях не превысит ДОК или ПДК в продуктах питания;

допустимая (для летучих веществ) концентрация, при которой поступление вещества в воздух не превысит установленный ПДК для атмосферного воздуха;

допустимая концентрация, при которой поступление вещества в грунтовые воды не превысит ПДК для водных объектов;

допустимая концентрация, не влияющая на микроорганизмы и процессы самоочищения почвы.

Уровень накопления отходов на территории предприятий обычно устанавливается по двум показателям: предельному количеству токсичных промышленных отходов на территории предприятия и предельному содержанию токсичных соединений в промышленных отходах. Предельное количество отходов на территории предприятия — это такое их количество, которое можно разместить при условии, что возможное накопление вредных веществ в воздухе не превысит 30 % ПДК в воздухе рабочей зоны.

В городе необходимо также нормирование шума, так как повышенный шум существенно влияет на комфортность среды, приводит к нервным расстройствам, повышает утомляемость, ухудшает слух [1, 16]. Шум в 20... 30 дБ (децибел) практически безвреден. Этот уровень характерен для естественных ландшафтов, сельских поселений. Допустим шум до уровня 70... 80 дБ (читальные залы, машинописные бюро, салоны автомобилей). Шум от 80 до 110 дБ (отбойные молотки, тяжелые грузовики, оркестр) относится к предельно допустимому. Шум свыше 110 дБ (громовые разряды, реактивные самолеты, выстрелы и взрывы) приводит к нарушению здоровья. Санитарными нормами определены следующие нормативные уровни шума: для жилых помещений — 30 дБ, для учебных классов — 40 дБ, для пассажирских, торговых залов, предприятий бытового обслуживания — 60 дБ, для внутриквартальных территорий — 45 дБ.

У людей, проживших 10 лет в условиях постоянного шумового воздействия в 70 дБ и выше, отмечается общий рост заболеваемости.

Вот данные о жалобах на шум в зависимости от его уровня [1].

| Уровень шума, дБ | Частота жалоб, % |
|------------------|------------------|
| 50 .....         | 5                |
| 55 .....         | 33               |
| 60... 65 .....   | 50               |
| 65... 70 .....   | 64... 70         |
| 75... 80 .....   | Более 85         |

В городе основным источником сильного шума является транспорт. На автомобильных магистралях больших городов уровень шума составляет 70... 85 дБ, причем это значение продолжает расти. Допустимые уровни шума превышаются и на железнодорожном транспорте. Лишь на расстоянии 300 м от железнодорожных станций уровень шума приближается к фоновому показателю.

Шум самолетов оказывает неблагоприятное воздействие на самочувствие населения в радиусе 10... 20 км от взлетно-посадочной полосы.

Сильный шум создают также промышленные предприятия (машиностроительные, текстильные, металлургические), компрессорные станции, газотурбинные установки.

Опасны для человека и вибрационные воздействия. Источниками механических колебаний являются кузнечно-прессовое оборудование, поршневые компрессоры, дизель-молоты, транспорт. Вибрация может распространяться от источника на расстояние до 100 м. Наиболее мощный источник вибрации в городе — железнодорожный транспорт. Колебания грунта вблизи железнодорожных путей выше, чем при землетрясениях силой 6...7 баллов. В метро интенсивная вибрация распространяется на 50...70 м.

Вот данные о виброскорости, мм/с, некоторых источников вибрации и ее фоновые показатели:

|  |              |
|--|--------------|
| Рельсовый транспорт .....                        | 160...0,3    |
| Промышленные установки.....                      | 5...0,05     |
| Строительная техника.....                        | 1,6...0,002  |
| Автомобильный транспорт.....                     | 0,07...0,005 |
| Дневной фон в городе.....                        | 0,02...0,006 |
| Ночной фон в городе.....                         | 0,01...0,003 |
| Уровень микросейсм (в несейсмичных районах)..... | 0,5          |
| Безопасный инженерно-геологический уровень.....  | 0,225        |
| Безопасный физиологический уровень.....          | 0,12         |

Инфразвуковое излучение частотой 16...20 Гц характеризуется большой проникающей способностью. Источниками инфразвука могут быть газотурбинные станции, компрессорные и дизельные электростанции, движущийся транспорт, самолеты. Инфразвук может вызывать опасный резонанс в легких, сердце, брюшной полости. Санитарные нормы для жилых помещений не должны превышать 60 дБ. При уровне 90 дБ и более необходима звукоизоляция жилых помещений. Длительное воздействие инфразвука ведет к нарушениям сердечно-сосудистой и эндокринной систем.

Экологически неблагоприятны некоторые электромагнитные воздействия в городе. Использование электроэнергии в городах сопровождается возникновением полей блуждающих токов вследствие утечек тока в грунт. Эти поля вызывают коррозионные повреждения металлических и железобетонных конструкций. При повреждениях водопроводной сети и канализации происходят подтопление грунтов, оползни, бактериальные и химические загрязнения грунтов, подземных вод и даже воды в водопроводах. При напряженности поля блуждающих токов 0,8...3,6 мВ/м скорость коррозии металла составляет 0,2...2 мм/год, что ведет к потере несущей способности металлических конструкций до 10...15%, а железобетонных конструкций — до 5...8%.

Неблагоприятное воздействие оказывают электромагнитные излучения промышленной частоты (50 Гц) и частот радиоволно-

вого диапазона (0,06 МГц... 300 ГГц). Источниками таких излучений являются электрические подстанции и линии электропередачи, антенны радиовещательных и телевизионных станций, специальных средств связи и радиолокационных станций.

Воздействие электромагнитных полей на организм человека обуславливается токами, индуцированными в теле человека. Это воздействие нормируется. Так, предельно допустимый уровень (ПДУ) электромагнитных полей (круглосуточное непрерывное излучение), создаваемых километровыми (НЧ) волнами, составляет 25 В/м, гектометровыми (СЧ) волнами — 15 В/м, декаметровыми (ВЧ) — 10 В/м, метровыми (ОВЧ) — 3 В/м, дециметровыми (УВЧ) — 10 мкВ/см<sup>2</sup>, сантиметровыми (СВЧ) — 10 Ки · В/см<sup>2</sup>.

Среди других загрязнений, осложняющих создание комфортной городской среды, следует отметить поступление диоксинов (наиболее вредных ядов, передающихся по пищевой цепи), радиационные и биологические загрязнения.

## **2.4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСТУЛАТЫ — БАЗИС ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДЫ**

Поддержание здоровой среды жизни с безусловным сохранением необходимого объема естественной природы и экологизацией остальной среды жизни, которая не может быть оставлена в неизменном состоянии ввиду ее постоянного трансформирования, возможны только при знании важнейших экологических постулатов, объясняющих эволюцию природы и особенности взаимодействия с ней человека.

Все компоненты природы, ландшафты, флора и фауна, все среды жизни и элементы экологической инфраструктуры находятся в органическом единстве, целостности, устойчивости и саморегуляции (гомеостазе). Между собой постоянно взаимодействуют не только ближайшие соседи по экологическим нишам, но и самые отдаленные части природы. Их взаимодействие протекает путем переноса и преобразования веществ и энергии. Вся живая природа находится в гомеостатическом равновесии с окружающей средой. Самоорганизация и саморегуляция природных систем направлены на достижение равенства нулю их энтропии, для чего возникли механизмы саморегуляции и иерархия природных систем.

Экологизация городской среды должна быть основана на знании законов развития природы, ее реагирования на воздействия человека. Человек издавна пытался обобщить свои наблюдения над природой в виде каких-то постулатов, подобных законам физики, химии, механики и других точных наук. Сейчас этих обоб-

щений очень много; они не поддерживаются строгими математическими зависимостями, иногда они эволюционируют вместе с природой. Более 60 экологических законов, десятки экологических правил и принципов объясняют взаимосвязь и взаимодействие живых организмов (в том числе и человека) со средой и носят характер естественно-исторических законов. Многие из них непосредственно связаны с деятельностью человека и представляют интерес с точки зрения экологизации этой деятельности в целях поддержания высококачественной городской среды.

Одним из основных является закон физико-химического единства живого вещества (В. И. Вернадского): *«Все живое вещество едино физико-химически»*. То, что вредно для одной части живого вещества, не может быть безвредно для другой. Любые физико-химические агенты (например, пестициды), вредные для одних организмов, не могут быть безвредны для других. Внутри глобального живого вещества имеется «сеть жизни» — сложная взаимосвязь всего живого между собой. Для предотвращения ее ухудшения нужно сохранение некоторого видового разнообразия, обеспечивающего устойчивость биосферы [16]. Человек находится в этой сети, поэтому охрана природы — это охрана человека.

Интересны четыре закона Б. Коммонера: *«1. Все связано со всем (повторяет закон В. И. Вернадского). 2. Все должно куда-то деваться. 3. Природа знает лучше. 4. Ничто не дается даром»*. Третий закон предупреждает, что нет абсолютной информации о природе. Нужна предельная осторожность в разработке и осуществлении проектов урбанистического вмешательства в природу.

Закон биогенной миграции атомов (В. И. Вернадского) обосновывает участие живого вещества в миграции химических элементов: миграция осуществляется при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция) или в среде, геохимические особенности которой обусловлены живым веществом. Человек, воздействуя на биосферу и все живое, изменяет условия биогенной миграции атомов, создавая условия для более глубоких перемен в исторической перспективе. Главное в любой, в том числе и строительной, деятельности — сохранение живого покрова Земли, так как изменения в химических процессах ведут к деградации земли — опустыниванию.

С точки зрения устойчивости среды жизни очень важен закон внутреннего динамического равновесия: *«Вещество, информация, энергия и динамические качества природных систем и их иерархии так взаимосвязаны, что любое изменение одного из показателей вызывает функционально-структурные количественные и качественные перемены при сохранении общей суммы»*. Любое изменение среды приводит к развитию природных цепных реакций в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых систем. Искусственный рост эколого-экономического по-

тенциала ограничен динамической устойчивостью природных систем. Этот закон — один из основных в природопользовании. Согласно ему производимые в крупных экосистемах перемены относительно необратимы, их выправление требует больших средств. Сдвигая динамически равновесное состояние природных систем (распашка, градостроительное освоение и др.), человек достигает увеличения продукции, но производит излишнее вложение энергии. Получаемый в результате вещественно-энергетический разлад ведет к снижению природно-ресурсного потенциала вплоть до опустынивания. Положительный пример деятельности, ведущей к устойчивости среды, — озеленение городов, агролесомелиорация, архофитомелиорация.

Одним из наиболее важных постулатов является принцип Ле-Шателье — Брауна: *«При внешнем воздействии, выводящем систему из состояния выдерживаемого равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется»*. В наши дни действие этого принципа в биосфере нарушено. Считается, что единственный способ восстановления его действия — сокращение площади антропогенно измененных земель. Но это предложение практически невыполнимо. Один из сохранившихся реальных путей — создание устойчивой социально-экологической структуры, повышение адаптивной способности природно-антропогенных систем, экологизация деятельности, экореконструкция городов и экореставрация городских и других антропогенных ландшафтов.

Считается, что для биоты Земли, согласно этому принципу, скорость поглощения углерода пропорциональна приросту его концентрации в окружающей среде. Анализируя скорость выбросов ископаемого углерода и накопление его в атмосфере, исследователи пришли к выводу, что биота суши подчинялась принципу Ле-Шателье — Брауна вплоть до начала XX в., после чего перестала поглощать избыток углерода из атмосферы и даже начала выбрасывать его, увеличивая загрязнение. Для возврата к прежнему состоянию, как считают исследователи, нужно сократить антропогенные воздействия примерно в 10 раз.

О важнейшей необходимости поддержания биологического разнообразия предупреждает закон генетического разнообразия: *«Все живое генетически различно и стремится к увеличению биологической разнородности»*. Нужно поддерживать биологическое разнообразие, в том числе при градостроительстве, путем создания в городах участков дикой природы, зеленых коридоров, объединяющих все зеленые территории в городе и за городом в один экологический каркас. Биоразнообразие — одно из условий устойчивости среды.

Закон константности (В. И. Вернадского): *«Количество живого вещества биосферы (для данного геологического периода) — кон-*

станта» свидетельствует о том, что любое изменение количества живого вещества в одном из регионов биосферы влечет за собой такое же изменение в другом регионе, но с обратным знаком. Нельзя допускать крупномасштабные вмешательства в природную среду.

О роли способа накопления и использования энергии в выживаемости говорит закон максимизации энергии (Г. Одум и Ю. Одум): *«Выживает та система, которая наилучшим образом способствует поступлению энергии и использует ее наиболее эффективно: накапливает высококачественную энергию, затрачивает ее часть на поступление новой энергии, обеспечивает кругооборот различных веществ, создает механизмы регулирования и приспособления к меняющимся условиям, обменивается с другими системами для получения специальных видов энергии»*. Эти положения очень важны при энергосберегающем проектировании и создании энергоактивных зданий.

Закон неравномерности развития систем гласит: *«Системы одного уровня или иерархии развиваются не строго синхронно»*. Этот закон запрещает абсолютное однообразие (например, сплошную распашку земель или застройку), поощряет разнообразие мест расселения, что соответствует положениям визуальной экологии.

О важности сбережения ресурсов предупреждает закон ограниченности природных ресурсов: *«Все природные ресурсы и условия Земли конечны»*. Все суждения о неисчерпаемости природных ресурсов лишены всякого основания. Даже для солнечной энергии есть ограничения, накладываемые энергетикой биосферы, антропогенное изменение которой сверх допустимого предела по правилу 1 % (см. ниже) чревато негативными последствиями. Этот закон направляет на путь сбережения ресурсов и их вторичного использования.

Необходимость энергосбережения следует из закона односторонности потока энергии: *«Энергия, получаемая экосистемой и усваиваемая продуцентами, рассеивается или вместе с их массой передается консументам, а затем редуцентам с падением потока необратимо»*. В обратный поток поступает ничтожное количество энергии (не более 0,25 %), поэтому говорить о круговороте энергии нельзя.

О необходимости сохранения вокруг городов больших естественных природных территорий свидетельствует закон обеднения разнородного живого вещества в островных его сгущениях (Г. Ф. Хильми): *«Любые сложные биотические сообщества, сохраняемые среди нарушенной человеком природы на небольших пространствах, обречены на деградацию»*. Нужны большие буферные зоны, чтобы сохранить биоразнообразие. Закон необходимо учитывать при оценке освоения территорий и планировке мест расселения. Он еще раз

подтверждает актуальность создания сети зеленых коридоров внутри городов и за их пределами.

При создании проектов застройки надо помнить закон оптимальности: *«С наибольшей эффективностью любая экосистема функционирует в некоторых пространственно-временных пределах»*. Она не может сужаться или расширяться до бесконечности. Нельзя создавать огромные лесные или сельскохозяйственные площади монокультур, массовой застройки, так как это приведет к функциональным срывам. Нужно выявлять оптимальные размеры эксплуатируемых природных систем. Они не могут быть жестко заданы в силу разнообразия условий среды. Знание этого закона полезно при оценке тенденций развития урбоареалов.

О необходимости сбережения ресурсов предупреждает закон падения природно-ресурсного потенциала: *«В рамках одного способа производства и одного типа технологий природные ресурсы делаются все менее доступными (все более глубокое залегание, бедные руды), и требуется рост труда и энергии на их извлечение и транспортировку»*. Этот закон предопределяет необходимость использования в строительстве возобновляемых и вторичных ресурсов, экономии материалов.

Одна из энергетических особенностей природных процессов отмечается в законе пирамиды энергий (Р. Линдемана): *«С одного трофического уровня экологической пирамиды на другой переходит не более 10 % энергии»*. Этот закон позволяет рассчитывать снабжение населения городов пищей. Он подчеркивает исключительно важную роль растительности — первого звена пирамиды.

О взаимозависимости в природе свидетельствует закон развития природной системы за счет окружающей ее среды: *«Любая природная система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды»*. Город также может существовать и развиваться только за счет окружающей его природной среды. Важны следствия из этого закона: абсолютно безотходное производство невозможно, любая более высокоорганизованная система с изменением среды представляет угрозу для низкоорганизованных систем (поэтому невозможно повторное зарождение жизни); биосфера Земли развивается за счет ресурсов Земли и космических систем; можно рассчитывать только на малоотходное производство. Закон исключительно важен для градостроителей, так как подчеркивает невозможность существования городов без окружающей природной среды.

Предупреждает о необходимости сбережения энергии и ресурсов и закон снижения энергетической эффективности природопользования: *«При получении из природных систем полезной продукции на ее единицу затрачивается все больше энергии»*. На одного человека в каменном веке приходилось около 4 тыс. ккал

в сутки, в аграрном обществе — 12 тыс., в индустриальную эпоху — 70 тыс., в наиболее развитых странах в настоящее время — до 250 тыс.

Актуален закон сукцессионного замедления: *«Процессы, идущие в зрелых равновесных системах, как правило, проявляют тенденцию к замедлению»*. Бесперспективны попытки торопить природу при мероприятиях по ее освоению. Вначале это дает эффект, но потом происходят саморегуляция и стабилизация системы. При «жестком» управлении, когда природные системы быстро выводятся из равновесия и затем стремятся к нему, происходит падение биологической продуктивности и хозяйственной производительности угодий. Закон свидетельствует об опасности «жесткого» (технического) управления природой.

В связи с постоянным изъятием урожая, нарушением естественных процессов почвообразования, использованием монокультур и накоплением токсичных веществ постепенно снижается естественное плодородие почв (происходит почвоутомление). Этот процесс частично компенсируется накоплением биомассы подземных частей культурных растений и внесением удобрений. К настоящему времени потеряно плодородие около 50 % всех пахотных угодий мира (от 1,5 до 2 млрд га), что говорит о важности сохранения пахотных земель.

Предлагает использовать «мягкие» формы взаимодействия с природой принцип естественности: *«Технические системы управления природой требуют со временем все большего вложения средств»*. Поэтому естественные («мягкие») формы управления природой в конечном итоге всегда эффективнее технических «жестких». Экологизация городов, поддержка экологической инфраструктуры, экореконструкции городов, экореставрации ландшафтов — это пути «мягкого» управления природой.

Предупреждает об обманчивом впечатлении от первых успехов в природопользовании принцип обманчивого благополучия: *«Первые успехи или неудачи в природопользовании могут быть кратковременны, объективный результат получается при взаимодействии природных и антропогенных факторов и сроке 10... 30 лет»*. Этот принцип нужно учитывать при разработке проектов долговременного и крупного вмешательства в природу.

Аналогичен третьему закону Б. Коммонера принцип неполноты информации (неопределенности): *«Информация при проведении акций по преобразованию природы всегда недостаточна для априорного суждения о результатах в далекой перспективе»*. Связано это с исключительной сложностью природных систем. Данный принцип нужно учитывать при проектировании крупных градостроительных преобразований природы. Необходимо проверять результаты на небольших, модельных объектах, особенно если планируемое преобразование рассчитано на отдаленную перспективу.

Важен для людей принцип направленности эволюции (закон минимума диссипации энергии): *«При вероятности развития процесса во множестве направлений реализуется то, которое обеспечивает минимум диссипации энергии или минимум роста энергии».*

Об опасности изменения любого экологического компонента говорит правило оптимальной компонентной дополнителности: *«Никакая экосистема не может самостоятельно существовать при искусственно созданном значительном недостатке или избытке одного из экологических компонентов».* «Норма» экологического компонента — то, что обеспечивает экологическое равновесие. Это правило предупреждает: длительное искусственное изменение одного из экологических компонентов приведет к замене существующей экосистемы другой, не всегда хозяйственно желательной.

О предпочтительности более «мягких» способов взаимодействия с природой предупреждает правило цепных реакций «жесткого» управления природой: *«Жесткое» (как правило, техническое) управление природой чревато цепными природными реакциями, значительная часть которых является экологически, социально и экономически неприемлемыми».* Принцип естественности и правило цепных реакций «жесткого» управления природой важны для градостроителей и строителей при определении путей и пределов вмешательства в природную среду.

В городе очень важен учет правила меры преобразования природных систем: *«В ходе эксплуатации природных систем нельзя переходить некоторые пределы, позволяющие этим системам самоподдерживаться».* Технические системы воздействия в конечном итоге всегда менее хозяйственно эффективны, чем направляемые естественные. Адаптивная способность социально-экологических систем непосредственно связана с мерой их преобразования.

Актуально для людей правило внутренней непротиворечивости: *«В естественных экосистемах деятельность входящих в них видов направлена на поддержание этих экологических систем как среды своего обитания».* Виды не могут разрушать среду своего обитания, человек тоже не должен делать этого.

Чрезвычайно важно знание и использование правила «мягкого» управления природой: *«Мягкое» (опосредованное, направляющее, восстанавливающее экологический баланс) управление природными процессами способно вызвать желательные природные цепные реакции и предпочтительнее «жесткого».* Экологизация городов, инфраструктуры, всей деятельности человека — это пример «мягкого» управления природой. Правило «мягкого» управления природой — основное во взаимодействии с ней для сохранения среды жизни человека.

Очень важно знать правило одного процента (1 %): *«Изменение энергетики природной системы в пределах 1 % выводит природную*

*систему из равновесного состояния».* Отсюда следует правило для глобальных систем: их энергетика принципиально не может пре-  
взойти уровень 0,2 % от поступления солнечной энергии без ката-  
строфических последствий. Это непреодолимый порог и лимит для  
человечества [13].

Все экологические постулаты носят предупреждающий харак-  
тер. Они направлены на повышение устойчивости, эластичности  
(адаптивной способности), саморегуляции экосистем, сохране-  
ния потенциала для восприятия негативных воздействий без су-  
щественного снижения их первоначальных функций и разруше-  
ния. Они свидетельствуют о необходимости «мягкого», опосредо-  
ванного, природовосстанавливающего отношения к природе, в  
том числе при градостроительном освоении и эксплуатации мест  
расселения (особенно в случаях крупномасштабных вмешательств).  
В связи с постоянно ухудшающимся состоянием природы необхо-  
дим постепенный перевод всей человеческой деятельности на эко-  
логичную, биопозитивную (природосберегающую и природовос-  
производящую) основу. Фундаментом этой деятельности должна  
стать системная и глубокая экологизация мышления.

## **2.5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ГОРОДА И СТРАНЫ**

*Экологическая инфраструктура* — это динамичный комплекс  
взаимодействующих между собой природных, природно-антро-  
погенных и искусственных объектов и систем, предметов и явлен-  
ний, обеспечивающий условия сохранения среды жизни человека  
(городской и пригородной сред, окружающих человека). Экологи-  
ческая инфраструктура является первостепенным фактором, под-  
держивающим и сохраняющим городскую среду, поэтому обеспе-  
чение ее высокого качества — важнейшая задача человечества.

Естественная природа с ее ресурсами является наиболее цен-  
ным фактором обеспечения существования всех живых организ-  
мов, создания высококачественной среды жизни. Человек в со-  
временном городе существенно отдален от естественной природы  
и окружен искусственной средой, степень искусственности кото-  
рой постоянно возрастает. Между тем в первую очередь ресурсы  
естественной природы, не созданные трудом человека, поддер-  
живают жизнь людей. К ресурсам природы относятся все природ-  
ные объекты и явления, использовавшиеся в прошлом, исполь-  
зуемые в настоящем и намечаемые для использования в будущем,  
которые способствуют поддержанию условий существования че-  
ловечества и повышают качество жизни. Их экономическая, со-  
циально-экологическая и культурная ценность в составе экологи-  
ческой инфраструктуры необычайно велика.

Экологическая инфраструктура в масштабе страны включает в себя: взаимодействующие между собой освоенные и естественные территории, соотношение между которыми должно быть экологически обосновано в целях поддержания гомеостаза и экологического равновесия; необходимую совокупность природных охраняемых территорий; экологический каркас территории страны и экологические коридоры; крупные технологические системы традиционной инфраструктуры; невозобновляемые и возобновляемые природные ресурсы; систему мониторинга. В масштабе города — это экологический каркас города и зеленые коридоры, почвенно-растительный слой, экологичные производственная и социальная инфраструктуры, экологичные и «умные» здания, система фитомелиорации и пермакультуры, экологично реставрированные ландшафты и экологично реконструированные здания, благоприятная сенсорная городская среда и в итоге благоприятные условия городской среды жизни.

В круг экологической инфраструктуры входят экологичные строительные материалы, энергосберегающие и энергоактивные здания, система сокращения, хранения и переработки отходов. Для поддержания экологической инфраструктуры используются эколого-экономический мониторинг, геоинформационные системы, оценка состояния среды жизни, индикаторы устойчивого развития, экологическая экспертиза проектов и контроль строительного комплекса.

«Грязное» производство, обслуживаемое традиционной инфраструктурой, не относится к экологической инфраструктуре, так как оно не обеспечивает сохранение среды жизни. Но к экологической инфраструктуре можно отнести все экологичные производственные, гражданские и жилые объекты, энергоактивные и энергоэкономичные здания, здания с замкнутым циклом жизнедеятельности, биопозитивные здания, которые в итоге обеспечивают условия сохранения среды жизни. Любые искусственные объекты при условии их глубокой экологизации могут быть компонентами экологической инфраструктуры, так как в этом случае они обеспечивают условия сохранения среды жизни человека.

Неэкологичные компоненты традиционной инфраструктуры зачастую не только не способны выполнять какие-либо функции сохранения среды жизни, но и оказывают негативное влияние на нее. Например, традиционная теплоэнергетика не только не эффективна с точки зрения теплотерь, но и загрязняет атмосферу. Традиционные методы разработки полезных ископаемых не экологичны с точки зрения потерь ресурсов, реформирования ландшафтов, «жесткого» вмешательства в природные экосистемы. Традиционные автодороги занимают существенную часть почвенно-растительного слоя и полностью изолируют почву от круговорота веществ. В городе эти дороги загрязняют среду вместо ее со-

хранения. Все протяженные искусственные сооружения (дороги, линии ЛЭП, трубопроводы и др.), так же как и высокие или занимающие большую площадь объекты, являются к тому же препятствиями на путях миграции животных.

В целях улучшения городской среды жизни все компоненты традиционной инфраструктуры должны быть подвергнуты глубокой и системной экологизации. Экологизация должна быть непрерывной, совершенствующейся по мере разработки новых и новейших технологий. Но она может осуществляться постепенно, с переходом от простых методов к более сложным, требующим не только повышенных материальных затрат, но и формирования нового, более экологичного мышления, привития экологической этики, разработки и совершенствования более экологичных «мягких» технологий во всех областях человеческой деятельности (пока зачастую недостижимых), использования «мягкого» управления природой.

Важнейшим элементом социальной инфраструктуры в составе экологической инфраструктуры становится природная среда. Социальная инфраструктура должна поддерживать социально-психологическую среду (внеэкономические отношения между людьми, включающие большинство аспектов их взаимодействия — взаим уважение или неприязнь, единство или множество мнений и взглядов и т. д.) и социально-экономическую среду (экономические отношения между людьми и материальными и культурными ценностями). В понятие социально-экономической среды входят производственно-экономические, демографические, национально-культурные, этнические элементы, множество потребностей и др.

Факторы социальной среды как компоненты экологической инфраструктуры становятся определяющими в ее формировании. Человек, его экологическое сознание, отношение к природе и природным ресурсам, экологическая философия и этика в первую очередь определяют сами социальную и социально-экономическую среды. Первое место здесь принадлежит мышлению, второе — действиям, определяемым этим мышлением и создающим среду жизни. Если человек обладает экологическим мышлением, он будет экологично относиться к природе и взаимодействовать с ней, в результате чего естественная природа будет сохраняться, не испытывать давления от человеческой деятельности. Природные ресурсы будут расходоваться таким образом, чтобы сохранялись невозобновляемые ресурсы и максимально использовались возобновляемые. Будут проектироваться и строиться экологичные здания и инженерные сооружения с максимально замкнутым циклом эксплуатации, глубинно подобные природным объектам. Нарушенные, заброшенные ландшафты и неэкологичные здания, инженерные сооружения, города, будут подвергаться экологичной реставрации и реконструкции, природоохранному обустройству.

Все это позволит создать здоровую среду жизни, которая в свою очередь будет положительно воздействовать на человека. Таким образом, социальная среда города воздействует на его жителей, а жители, обладающие экологичным мышлением, формируют экологическую инфраструктуру.

Природные ресурсы составляют важнейшую часть экологической инфраструктуры. В результате вытеснения естественной природы осталось совсем немного стран, сохранивших значительную часть своего природного богатства в естественном состоянии. К этим странам в Северном полушарии можно отнести Россию и Канаду, в Южном — Бразилию и Австралию. Они вносят основной вклад в сохранение глобальной экологической инфраструктуры. Высокоразвитые страны чаще всего не вносят никакого вклада и даже иногда отрицательно влияют на стабилизацию природы Земли, так как природа в самих этих странах существенно нарушена. Уже есть небольшие и хорошо развитые страны с почти полностью вытесненной естественной природой, замененной культурными ландшафтами. Первой полностью урбанизированной страной мира стала Англия. Культурные ландшафты позволяют получить высокое качество среды, но они лишены биоразнообразия и не поддерживают существование природы в масштабах планеты.

Широкая экологическая инфраструктура включает в себя в первую очередь все природные ресурсы и всю естественную природу Земли, способствующие сохранению среды жизни.

К компонентам экологической инфраструктуры относятся:

природная экологическая инфраструктура (природные территории в естественном состоянии; совокупность природных охраняемых территорий; зеленые зоны, парки, защитные леса; экологические коридоры);

сооружения и системы, сохраняющие среду жизни (экологизированная традиционная инфраструктура; сооружения, предупреждающие и ликвидирующие опасные явления; система мониторинга);

экологичные, ресурсосберегающие здания; природоохранные и природосберегающие сооружения;

экологизированная производственная инфраструктура;

экологичная социальная инфраструктура (социально-психологическая и социально-экономическая инфраструктуры; социальная экология, экология человека);

метаинфраструктура (природные ресурсы, в том числе возобновляемые, и их устойчивое потребление; условия жизни общества).

Первой проблемой в поддержании устойчивой широкой экологической инфраструктуры является сохранение большей части природы планеты в естественном состоянии. Решение этой проблемы весьма сложно, так как площадь освоенной части Земли,

где видны следы человеческой деятельности, уже сопоставима с площадью всей поверхности планеты. Площадь Земли составляет 510,2 млн км<sup>2</sup>, в том числе площадь океанов 361,1 млн км<sup>2</sup> (70,8 %), площадь суши 149,1 млн км<sup>2</sup> (29,2 %). Из площади суши 48 051 840 км<sup>2</sup> (около  $\frac{1}{3}$ ) не несут видимых следов деятельности человека, в том числе в Антарктиде почти 100 %, Северной Америке — 37,5, на территории бывшего СССР — 33,6, Австралии и Океании — 27,9, Африке — 27,5, Южной Америке — 20,8, Азии — 13,6, Европе — 2,8 %. Но сохранившиеся территории суши — это чаще всего мало пригодные для освоения земли с экстремальными для человека условиями среды жизни. Территория Земли осваивается, урбанизируется, но при этом экологическая инфраструктура, как правило, не поддерживается. Такому освоению может противостоять экологизация деятельности, в первую очередь экологизация поселений как источников наибольших воздействий на природу, факторов ее вытеснения.

При создании высококачественной экологической инфраструктуры безусловно первое место отводится сохранению и восстановлению экологически обоснованных объемов и территорий естественной природной среды с ее эволюционно сложившимся биологическим разнообразием, поддержанию экологического каркаса разнообразных территорий с экологическими коридорами, сохранению ресурсов.

На втором месте стоит поддержание высокого качества культурной городской природной среды, преобразованной человеком и чаще всего характеризующейся отсутствием способности к самоподдержанию. К ней относятся все территории, освоенные человеком и потому преобразованные его деятельностью. Вся эта среда создана на основе природных компонентов ландшафтов, она представляет собой измененную природную среду, и ее объекты в той или иной степени подобны существующим в природе, особенно если они экологичны. Рост территории культурной природы не может быть безграничен не только в связи с необходимостью поддержания экологически обоснованной площади естественной природы, но и из-за требующихся все больших усилий (главным образом энергетических затрат) по ее поддержанию, что является одним из существенных ограничений в развитии человечества. Учитывая необходимость глобального и регионального сохранения экологического баланса, надо выявлять оптимальное соотношение естественной и культурной природы.

На третьем месте стоит качество среды искусственного мира, созданного человеком и не имеющего аналогов в естественной природе. К нему относятся преобразованная человеком природа и вещества, не входящие в естественные геохимические циклы либо входящие с трудом. Жителя города окружает главным образом искусственная природная среда. Она обычно позитивна для чело-

века. Так искусственная среда может смягчать воздействие суровой природной среды (например, улучшать микроклимат), заменять своими элементами естественную природную среду (парки, зеленые коридоры, прочее ландшафтное озеленение города, красота и природоподобие архитектуры, создание искусственного климата и др.). Но иногда искусственная среда имеет резко ухудшенные физико-химические и визуальные характеристики по сравнению с природной средой (загрязнения, в том числе визуальные — убогость и однообразие архитектуры, нищета и бедность, трущобы и др.).

Искусственная среда в городе может становиться подобной среде культурной природы при условии ее глубокой и системной экологизации. Например, подземное или надземное строительство позволяет сохранить почвенно-растительный слой и озеленение всей территории города, исключить преграды на пути миграции людей и животных. Качество среды жизни повышается при эффективном озеленении территорий города [3—11]. С точки зрения жителя здорового города, находящегося в равновесии с природной средой, необходимыми факторами высокого качества городской среды являются:

- близкие к природным показатели чистоты воздуха, воды, почвы;

- биоразнообразие, обоснованный объем естественной природы;

- близкая к природным показателям сенсорная среда — визуальная, запаховая, звуковая; красивое, экологичное, обоснованное по площади и объему жилище; экологическая красота города;

- экологичное удовлетворение трудовых потребностей; удовлетворение потребностей в образовании, повышении квалификации;

- экологичное удовлетворение экономических потребностей; экологичная этническая среда;

- экологичная социально-экономическая и социально-психологическая среды;

- удовлетворение экологически обоснованных информационных, духовных, культурных потребностей;

- экологически чистая, исторически обусловленная пища; экологичная, красивая и разнообразная одежда.

Устойчивости экологической инфраструктуры большой территории способствует экологический (природный) каркас, в который входит система (сеть) объединенных и переходящих друг в друга участков природы различной площади.

В естественной природе существуют непреодолимые и частично непреодолимые преграды (океаны, моря, реки, пустыни, высокие горы) между отдельными крупными (материки) и менее крупными территориями. Их роль в истории Земли, в естественной эволюции очень велика. Благодаря этим преградам были со-

зданы уникальные биоценозы, отличающиеся видовым разнообразием. Природа негативно реагирует на искусственное преодоление этих естественных барьеров с помощью человека и на обратный процесс — возведение преград на путях естественной миграции животных.

В современном урбанизированном мире создано много искусственных сооружений, которые затруднили или вообще исключили возможности тесного взаимодействия участков природы в системе природного каркаса. Вместо сети постоянных путей миграции животных построены сети коммуникаций, служащие для перемещения людей и грузов, перекачки нефти и газа, передачи электроэнергии и т. д. Иногда эти сети буквально повторяют пути миграции животных. Все транспортные магистрали соединяют места расселения (крупные и мелкие города, поселки) в каркас. Данный каркас мест расселения, включающий в себя в идеале систему окружающих города зон, накладывается на природный каркас. При этом наиболее продуктивные элементы природного каркаса включаются в каркас мест расселения в качестве компонентов, усваивающих загрязнение. Каркас мест расселения со связями — коммуникациями, наложенный на природный каркас, не только изменяет условия существования природы, но и прерывает пути природных коммуникаций искусственными связями. Поэтому для обеспечения взаимодействия природных территорий необходимо устройство специальных экологических коридоров.

Экологические коридоры в масштабе крупной территории — это участки экологического каркаса, соединяющие отдельные территории естественной природы, разделенные искусственными сооружениями, в систему (сеть) и выполняющие функции естественных путей коммуникации между соединяемыми территориями (табл. 2.5). Эти коридоры должны служить для естественной миграции животных, растений (в основном семян), свободного движения масс воздуха, воды, а также, возможно, и других элементов природы, например физических полей. Одним из видов являются зеленые коридоры — озелененные переходы.

Экологические коридоры — это один из полезных компонентов, противостоящих обеднению живого вещества и поддерживающих биоразнообразие. Одним из простых видов коридоров являются проходы под дорогами для миграции животных. Экологические коридоры чрезвычайно разнообразны, и их разнообразие может увеличиться в результате усиления техногенных воздействий на природу. Экологическими коридорами нужно считать и пути свободной сезонной миграции птиц, так как урбанизация территорий ведет к осложнениям этого передвижения ввиду возведения крупных городов, высотных зданий и сооружений на путях перелета птиц.

Экологические коридоры могут иметь вид любых ландшафтов, аналогичных соединяемым ими ландшафтам — лесов, гор, пу-

Таблица 2.5. Характеристики экологических коридоров

| Место расположения     | Функции коридора  |
|------------------------|---|
| На поверхности земли   | Объединение участков естественной и культурной природы, свободная миграция животных, семян растений. Свободное перемещение животных под или над искусственными сооружениями |
| В воде                 | Свободное, непрерываемое движение всех вод, миграция водных животных  |
| В воздухе              | Свободное, естественное движение масс воздуха, миграция птиц  |
| В грунте               | Свободное, естественное движение грунтовых вод и животных   |
| На границах ландшафтов | Свободное перемещение животных, воды, воздушных масс, обмен растениями  |

стынь и др. К ним можно отнести пути миграции водных животных, в том числе даже в морях и океанах, так как возведение некоторых искусственных объектов (плотин, подводных электростанций, платформ для добычи нефти и газа на шельфе, устройств для добычи полезных ископаемых — конкреций — со дна морей и океанов и др.) осложняет миграцию или препятствует ей. Инженерные решения по созданию экологических коридоров должны быть разнообразны и учитывать не только необходимость преодоления животными искусственного препятствия, но и размеры животных, их количество, среду передвижения.

Могут быть следующие разновидности экологических коридоров:

протяженные объемы свободных пространств для обеспечения пролета птиц в местах их сложившихся сезонных миграций;

свободные проходы в сплошном препятствии на путях исторически сложившихся миграций животных, например под дорогой, в заборе, над наземным трубопроводом, в застроенном грунтовом пространстве;

озелененные наземные полосы (или полосы ландшафта, заполненные «родным» для животных субстратом и другими компонентами);

озелененные инженерные сооружения (грунтозаполненные надземные переходы или подземные туннели, заполненные «родным» субстратом и озелененные);

свободные пространства или проемы в искусственных сооружениях на реках и в морях для миграции водных животных.

Устойчивая экологическая инфраструктура на крупных территориях поддерживает среду жизни, способствуя сохранению экологического равновесия. Принято считать, что состояние равновесия ограничивается степенью давления человеческой деятельности на природу: при слишком интенсивном воздействии природа начинает отступать, проявляются негативные цепные реакции «жесткого» управления и развивается глобальный экологический кризис. Чтобы предотвратить отступление природы, необходимо поддерживать экологическое равновесие. Поэтому при решении проблемы урбанизации Земли исторически устоявшимися методами и достижения экологического равновесия между естественными и освоенными территориями важное значение имеет наличие предела преобразования естественных экосистем Земли как в глобальном масштабе, так и в пределах отдельных стран и территорий.

В работах американских экологов Ю. и Г. Одумов было доказано наличие оптимального соотношения преобразованных и естественных экосистем при достижении максимального эколого-социально-экономического эффекта (рис. 2.7) [13]. Очевидно, что выводы этих авторов не являются окончательной истиной, они не могут быть универсальными для всех стран и городов. Там, где приняты меры по экологизации поселений, технологий, всей деятельности в городах, процент преобразованных территорий может быть несколько увеличен. Вместе с тем на территориях, где используются «грязные» технологии, этот процент должен существенно снижаться. Экологическое равновесие — это в целом позитивное состояние взаимодействия общества и природы, городов и природы, хотя в процессе его достижения, во-первых, природа преобразуется и вытесняется примерно с 40 % территорий; во-вторых, на естественную природу возлагается новая функция усвоения выбрасываемых загрязнений, которая не была свойственна ей ранее; в-третьих, для сохранения естественной природы выбираются иногда недостаточно обоснованные решения. Например, для сохранения уни-



Рис. 2.7. График, позволяющий определить оптимальное соотношение между естественными и преобразованными территориями

кальных ландшафтов и видов животных выделяются охраняемые территории, на которых животные существуют в неестественных условиях (сокращается биоразнообразие, удаляются участники пищевых цепей, травоядные живут без давления со стороны хищников, естественное питание заменяется искусственным и т.д.). Эти территории не способны к длительному существованию, так как на них не поддерживается гомеостаз, не обеспечивается действие законов естественной эволюции.

Размеры территорий в случае предполагаемого экологического равновесия условны, они не учитывают множество функций, возлагаемых на природу вблизи города, и влияние ряда разнообразных факторов, например времени года, типа ландшафта, степени загрязненности, кумулятивного эффекта антропогенных воздействий.

В зимнее время естественные ландшафты практически не способны к абсорбции загрязнений, они концентрируют эти загрязнения без переработки, поэтому в конце весны и начале лета природа испытывает «техногенный удар». В результате, по крайней мере в некоторые периоды года, установившееся ранее экологическое равновесие нарушается, природа начинает отступать. Только в конце летнего периода, если экологическое равновесие между городом и природной средой имеет определенные резервы (большие площади высокопродуктивных ландшафтов, наличие рядом с городом моря или крупной реки, постоянное продувание города ветрами и др.) и природная среда высокопродуктивна, природа снова может восстановиться.

Поэтому состояние экологического равновесия можно назвать динамичным: перевешивает то негативное воздействие города, то способность природы усваивать загрязнения и регенерировать необходимые природные компоненты.

Кроме отмеченного влияния времени года на экологическое равновесие воздействует и то, что ландшафты, как правило, отличаются друг от друга возможностями по усвоению загрязнений: тундры, горы, пустыни и другие малопродуктивные ландшафты не способны к усвоению поступающих из города загрязнений и к регенерации кислорода и воды. Пока не учитывается и тот факт, что природная среда даже на достаточно больших расстояниях от города в настоящее время полностью доступна для людей с их антропогенными воздействиями («дикий» туризм, автомобили, отходы). Дальняя природная среда может входить в экологический след города. Все сказанное подчеркивает необходимость глубоких исследований особенностей достижения экологического равновесия на всех уровнях.

Экологическое равновесие между городом и природной средой предполагает не только предоставление каждому жителю определенной емкости природной территории с хорошим качеством, но

и воспроизводство используемого городом кислорода, регенерацию воды, почвы, растительности, абсорбцию всех поступающих от города загрязнений (табл. 2.6). При этом на одну и ту же природную территорию в городе и вне его возлагается несколько задач, зачастую абсолютно противоположных по сути. Так, одна и та же природная территория должна обеспечивать множество потребностей жителей и в то же время успешно абсорбировать и по возможности нейтрализовывать поступающие из города загрязнения. Но такие антагонистические функции не могут быть возложены на одну и ту же природную среду. Следовательно, необходимая площадь и качественный состав компонентов природы, потребных для достижения состояния экологического равновесия, должны быть значительно расширены.

Природе, окружающей город, должны быть предоставлены возможности для осуществления всех возлагаемых на нее функций без ее отступления и гибели. Только тогда можно считать, что она способна находиться в состоянии экологического равновесия с городом. Так как практически нет поселений, расположенных на большом удалении от других поселений среди естественной природы, то загрязненные зоны больших и малых городов накладываются друг на друга и в этих местах загрязнение природы растет.

Требуемая городу с учетом достижения экологического равновесия площадь природной среды

$$A_3 = A_n + A_q,$$

где  $A_n$  — площадь природной среды с позитивными функциями регенерации природных компонентов (кислорода, воды и др.), поддержания биоразнообразия флоры и фауны, обеспечения естественного развития, гомеостаза, естественной эволюции и т.д.;  $A_q$  — площадь природной среды с «полезными» функциями, налагаемыми на нее человеком (абсорбция загрязнений, их усвоение, защита от шума и пыли и др.).

При этом составляющие площади  $A_n$  и  $A_q$ , как правило, в идеале не должны накладываться друг на друга: природная среда, абсорбирующая загрязнения, не должна служить местом рекреации или регенерировать кислород.

Это свидетельствует об исключительной ценности природы в городе и рядом с ним.

Крупные технологические системы и объекты экологической инфраструктуры (система мониторинга, очистные сооружения, плотины, дамбы, дренаж, объекты коммунального хозяйства и др.) призваны предупреждать и ликвидировать неблагоприятные явления природы и социального дискомфорта или не допускать развития опасных экологических ситуаций. Экологические ситуации — это совокупность состояний экологических объектов в рамках оп-

Таблица 2.6. Условия экологического равновесия

| Воздействия и потребности города   | Функция, возлагаемая на природу в городе и вне города   |
|--|---|
| <p>Загрязнения окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ингредиентные (механические, химические, биологические)</li> <li>физические</li> <li>стабиально-деструктивные</li> <li>биоценологические</li> <li>эстетические</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Абсорбция загрязнений и их возможная нейтрализация, снижение концентрации</li> <li>Защита от шума, пыли, физических полей</li> <li>Устойчивость против урбанизации, эрозии и др.</li> <li>Устойчивость против нарушений баланса, перепромысла, интродукции и др.</li> <li>Скрытие ошибок архитекторов</li> </ul>   |
| <p>Удовлетворение потребностей жителей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>в территории</li> <li>воздухе</li> <li>воде</li> <li>рекреации</li> <li>сельскохозяйственной продукции</li> <li>лечебных растениях</li> <li>эстетических</li> <li>спорте</li> <li>научной деятельности</li> <li>труде</li> <li>пищевой продукции природы</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Предоставление обоснованного объема чистой среды</li> <li>Предоставление чистого воздуха</li> <li>Предоставление чистой воды</li> <li>Предоставление необходимой площади рекреации</li> <li>Предоставление обоснованного объема сельскохозяйственной продукции</li> <li>Предоставление возможности сбора целебных трав</li> <li>Предоставление возможности эстетического наслаждения</li> <li>Предоставление возможности занятий спортом на природе</li> <li>Предоставление возможности удовлетворения научных интересов</li> <li>Предоставление возможности трудиться на лоне природы</li> <li>Предоставление возможности сбора ягод, грибов и др.</li> </ul> |

**Таблица 2.7. Функции природно-хозяйственных систем и требования к экологическим условиям**

| Тип систем                   | Характерные субъекты                     | Функции системы   | Требования к экологическим условиям  |
|------------------------------|--|---|--|
| Селитебная (города, поселки) | Человек, коммунальные системы, транспорт | Создание соответствующих эколого-экономической и социальной сред      | Соответствие санитарно-гигиеническим, медико-биологическим и эстетическим нормам |
| Промышленные зоны            | Человек, производственные объекты        | Обеспечение промышленными и продовольственными товарами, сооружениями | То же, для промышленных объектов   |
| Рекреационные зоны           | Рекреант, рекреационная инфраструктура   | Обеспечение отдыха  | Повышенные санитарно-гигиенические, медико-биологические и эстетические нормы    |
| Сельскохозяйственные зоны    | Сельскохозяйственные культуры            | Обеспечение продовольствием, сырьем                                   | Сохранение качества среды, обеспечивающего экологически чистые продукты          |
| Средоохраняющие леса         | Ландшафт (эталонный)                     | Средоохраняющие, ресурсоохраняющие                                    | Сохранение ландшафта в состоянии, близком к естественному                        |
| Заповедные территории        | То же                                    | Сохранение природного генофонда                                       | Сохранение естественного экологического фона                                     |

ределенной территории (город, регион и т.д.) в определенный отрезок времени; они могут изменяться от условно благоприятных, удовлетворительных до напряженных, критических, катастрофических [1]. Экологические ситуации оцениваются с учетом типов территорий (природно-хозяйственных систем или охраняемых территорий), их функций, требований к экологическим условиям (табл. 2.7). Анализ экологических ситуаций с точки зрения их влияния на человека и все среды его жизни относится к экологической безопасности, поэтому экологическая инфраструктура органично связана с последней. Устойчивая экологическая инфраструктура обеспечивает (в рамках ее возможностей) экологическую безопасность. Оценка экологических ситуаций с точки зрения их отклонения от норм является важной частью анализа и последующего регулирования.

## 2.6. ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ЖИЗНИ

*Среда жизни* — это динамичная социально-экологическая система природных и антропогенных предметов и явлений, факторов материальной и духовной культуры, в том числе природно-техногенных, социально-психологических и социально-экономических, взаимодействующих между собой и с внутренней средой человека. Совершенно очевидно, что эти среды не могут быть четко отделены друг от друга. Они тесно взаимосвязаны и взаимодействуют между собой, поэтому их совокупность можно назвать динамичной, находящейся в постоянном процессе изменений.

Устойчивость экологичной и динамичной городской среды — это ее способность к самосохранению и саморегулированию в пределах, не превышающих допустимые. Человека может окружать множество видов среды: от здоровой и полезной для него, полностью природной, идеально чистой и свободной от антропогенных вмешательств до вредной, почти полностью техногенной, искусственной, заполненной неестественными для природы предметами и явлениями. Здоровая и устойчивая городская среда жизни, предназначенная для обеспечения потребностей человека, невозможна без поддержания здорового состояния природы, сохранения ресурсов, высокого качества естественной природной среды.

Двойственность требований к высокому качеству среды жизни состоит в том, что она должна обеспечить полное, экологически обоснованное удовлетворение потребностей людей наряду с обеспечением такого же качества природы, сохранением ее биоразнообразия, объема, условий протекания естественной эволюции.

В большинстве населенных мест все виды среды находятся в разнообразных сочетаниях: есть отдельные поселения с высококачественной средой жизни и города с чрезвычайно загрязненной средой, к тому же не предоставляющей жителям минимума необходимых коммунальных услуг (чистой питьевой воды, чистого воздуха, просторного и удобного жилья и др.). Большинство поселений, больших и малых городов и в особенности мегаполисов и урбоареалов предоставляют среду жизни разнообразного качества. В одном и том же поселении есть, как правило, кварталы с очень высоким качеством среды жизни и районы трущоб.

Устойчивая и высококачественная городская среда жизни — это основной интегральный показатель, к достижению которого нужно стремиться. Среда жизни человека в первую очередь базируется на использовании ресурсов четырех сфер Земли — атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы. Культурная среда так же полностью создана человеком из ресурсов природной среды, как и искусственная среда.

Одной из важнейших проблем создания устойчивой среды жизни является обеспечение ее высокого качества [7, 14, 15]. Качество среды жизни человека — это субъективный показатель условий, обеспечивающих или не обеспечивающих комплекс личного и общественного здоровья людей, соответствия среды жизни человека его потребностям и социально-психологическим установкам, которое в итоге должно влиять, с одной стороны, на степень удовлетворенности человека качеством своей жизни, а с другой стороны, на развитие разнообразных конфликтов вплоть до войн, на среднюю продолжительность жизни, здоровье людей и уровень их заболеваемости (физической и психической). Для ряда развитых стран мира качество жизни — это комплекс экономических, политических, социальных и идеологических факторов, определяющих положение человека в обществе. Ведущим направлением развития во многих странах мира издавна является стремление к наиболее полному удовлетворению потребностей как основному показателю качества жизни. Но качество жизни не является показателем, одинаковым для всех народов: человек в развитой стране пользуется гораздо большим количеством разнообразных ресурсов и услуг, чем житель слаборазвитой страны или сохранившегося древнего племени, при этом степень удовлетворенности их жизнью может быть одинакова.

Оценка качества среды обычно субъективна, так как она напрямую связана со степенью удовлетворения потребностей, что само по себе индивидуально. Такие оценки односторонни, они рассматривают качество среды жизни только с точки зрения человека, а не с точки зрения всей природы и человека как ее части. Готов ли человек к введению экологически обоснованных ограничений на уровень потребления, уровень удовлетворения ряда потребностей ради поддержания экологического равновесия поселений и природы? Что важнее для человека — удовлетворение первоочередных биологических потребностей или экономических, трудовых, социальных потребностей? Известны случаи, когда люди согласны работать в условиях неблагоприятной среды (в шахтах, на химических предприятиях и т. п.) ради высокого заработка. Иногда люди готовы ради денег рисковать жизнью. Приведенные факты подчеркивают сложность понятия устойчивости и качества среды жизни в приложениях к разнообразным группам людей, к разным профессиям.

Среда жизни человека вначале была органичной частью естественной глобальной среды, совершенно такой же, как и среда жизни множества других животных — современников древнего человека. Ареал человека вначале был небольшим как по площади (теплые районы на суше вблизи экватора с высокой биологической продуктивностью), так и по высоте (глубине). Его древняя среда жизни — это среда жизни приматов, существовавших

непосредственно на поверхности земли или на деревьях и иногда живших в естественных пещерах на незначительной глубине. Человек ввиду неприспособленности к другим условиям среды (голое тело с тонкой кожей, не защищающей от непогоды и клыков хищников, отсутствие органов — орудий нападения и т.п.) не мог заселять менее благоприятные территории.

Среда жизни стала все быстрее изменяться в ходе развития материальной и духовной культуры. Растущая урбанизация и отдаление жителя городов от естественной природы, замена естественных ландшафтов на культурные, внесение многочисленных факторов искусственности в среду жизни человека существенно изменили понятие и содержание среды жизни. Человек постоянно изменял среду жизни. Постепенно, по мере эволюции, большая часть человечества с помощью ресурсов природы стала приспосабливаться к жизни в районах с более суровыми климатическими условиями и ограниченными пищевыми ресурсами. Небольшие племена в разных местах Земли оставались почти в первобытном состоянии, не меняя свою среду жизни. В настоящее время человек освоил почти все естественные ландшафты на планете, он пробует жить и работать хотя бы ограниченное время среди льдов, в пустынях, на больших высотах в горах, под землей, под водой, в ближнем космосе. Практически нет ни одного самого труднодоступного ландшафта, на котором не побывал бы человек.

В эти ландшафты, суровые условия жизни в которых не позволяли существовать человеку, он принес созданную им искусственную среду жизни, имеющую зачастую достаточно высокое качество (комфортная среда внутри помещений, удобная одежда, хорошая пища, коммуникации и др.). Но отдельные важные параметры среды жизни в этих случаях не могут быть обеспечены (например, естественная сенсорная среда, некоторые необходимые физические поля, положительное кумулятивное воздействие благоприятной природной среды и др.). Постоянно увеличивается многообразие сред жизни, к которым человек пытается приучить свой организм. Но ввиду длительного антропогенеза в естественных природных условиях и несопоставимо малого срока жизни в искусственной среде пока нельзя сделать какие-либо положительные выводы о возможности безграничного роста искусственности среды жизни.

В условиях глобального и локальных загрязнений природы, ее отступления под антропогенным давлением сохранение и восстановление среды жизни как части целостной природы становится важнейшей задачей всего человечества и каждого жителя планеты. В связи с этим особое значение приобретает направленная на сохранение природы и общепринятая в настоящее время идеология устойчивого развития, под которым понимается целостный не-

Таблица 2.8. **Факторы городской среды**

| Вид среды                           | Факторы, воздействующие на человека  |
|-------------------------------------|--|
| Внутриквартирная                    | Физико-химические, биологические, психологические факторы жизни в жилых помещениях   |
| Искусственная городская вне квартир | Технические (здания, сооружения, дороги, искусственное освещение и др.) и природные (воздух, естественное освещение и др.) элементы  |
| Культурных ландшафтов               | Сочетание природных условий и архитектурно-строительных форм   |
| Естественная природная              | Динамичная совокупность природных и слабо измененных деятельностью людей абиотических и естественных биотических факторов, отличающаяся способностью к саморегуляции       |
| Культурная                          | Типы и формы организации жизни и деятельности, уровень материальной и духовной культуры общества, реализация творческих сил и способностей                                 |
| Социально-экономическая             | Отношения между людьми, а также между людьми и создаваемыми ими материальными и культурными ценностями, воздействующие на человека; неэкономические отношения между людьми |
| Внутренняя организма                | Физическое и духовное здоровье человека  |

прерывный процесс восстановления и поддержания гармонии между естественными и застроенными окружающими средами, динамического баланса между требованиями равенства, процветания и качества жизни.

Но концепция устойчивого развития построена на идеализированном представлении о возможности быстрого создания нового мышления, ускоренного формирования нового человека и нового курса развития. Быстрая смена мышления в принципе невозможна, мозг — наиболее консервативный орган, а потребности надежно закреплены в самых древних его структурах. Поэтому при прогнозировании развития можно рассчитывать только на реальных людей с их сложившимся мышлением. При этом главные усилия нужно направить на сохранение среды жизни человека. Устойчивую среду жизни человека сохраняют и восстанавливают составляющие экологической инфраструктуры.

Подобно известной сети жизни [16], существует сеть разнообразных сред жизни, ландшафтов и их компонентов вместе с сетью флоры и фауны, в том числе сеть локальных сред жизни. Одни

среды жизни влияют на другие, например, путем обмена веществами, энергией или информацией. Среда жизни человека тесно связана со всей природой, с большими и малыми средами жизни всех других организмов. Используемая и поддерживаемая каким-либо живым организмом среда жизни (запаховая, звуковая, визуальная и др.) влияет на другие среды жизни, предупреждая, отталкивая или привлекая другие живые организмы. Все среды жизни являются частью целостной природы и находятся в глобальном взаимодействии друг с другом. В целом факторы городской среды жизни включают в себя все описанное выше множество ее видов и параметров (табл. 2.8).

Фундаментальный характер сохранения здоровой и устойчивой городской среды позволяет считать эту проблему главной в человеческой деятельности.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что включает в себя социально-экологическая система городской среды?
2. В чем сущность адаптивного управления социально-экологической системой городской среды?
3. Каковы негативные воздействия города на среды?
4. Перечислите виды загрязнений городской среды и их особенности.
5. Какова роль атмосферы и гидросферы? Почему загрязнение атмосферы наиболее опасно для человека?
6. Как нормируются загрязнения? Что такое ПДК?
7. Что собой представляют основные экологические постулаты? Какие из них особенно важны для создания здоровой городской среды?
8. Что такое экологическая инфраструктура? В чем ее отличие от традиционной инфраструктуры?
9. Каковы основные направления повышения устойчивости экологической инфраструктуры?
10. Что такое природный каркас территории? Какова роль экологических коридоров?
11. Что такое экологическое равновесие между городом и окружающей средой? Каковы условия поддержания экологического равновесия?
12. Что такое среда жизни? Что поддерживает ее устойчивость?
13. Перечислите факторы городской среды.

## 3.1. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Архитектурно-ландшафтная среда здорового города должна состоять из архитектурно выразительных, экологически и экономически эффективных, прочных и долговечных зданий и инженерных сооружений, органично сочетаемых с природными формами (вписанных в природную среду) и в итоге не только создающих предпосылки для активной деятельности и отдыха человека, но и положительно воздействующих на человека как социально-биологическое существо. В этой среде архитектура органично соединяется с ландшафтом. Углубленные решения такого соединения рассматриваются в архитектурно-строительной экологии, объединяющей архитектуру, строительство и экологию и направленной, с одной стороны, на учет экологических потребностей человека при создании отдельных зданий, сооружений и ансамблей, городов, а с другой стороны, на учет интересов природы при ее градостроительном освоении. С помощью архитектурно-строительной экологии создается архитектурно-ландшафтная среда города. Благодаря этой науке родилось новое понятие экологической красоты — красоты глубинно экологических зданий, инженерных сооружений, районов, городов и стран, в которых системно и комплексно используются элементы экологизации.

Архитектурно-строительная экология призвана решать актуальные проблемы создания экологичного города с благоприятной городской средой. Она играет важную роль в формировании экологичной городской среды, направлена на создание благоприятной, экологически обоснованной среды для человека в городе (внутри зданий и вне их) и поддержание хорошего состояния природной среды. Поэтому в архитектурно-строительную экологию входят ландшафтная экология, рассматривающая создание здоровых, красивых, экологически обоснованных ландшафтов в городе, а также климатическая экология, оценивающая влияние климата на города и городов на климат.

И архитектор, и инженер-строитель как основные участники процесса создания здоровой городской среды, проектирования,

строительства и реконструкции отдельных зданий, сооружений и целых поселений до начала их проектирования должны представлять, каким образом они будут влиять на окружающую среду и живые организмы, как будет взаимодействовать с искусственной застроенной средой естественная природная среда. От знания законов развития природы, основ экологии будет зависеть их профессиональное умение исключить негативное воздействие зданий и сооружений на природу, органично вписать их в природную среду, помочь развитию природных систем и одновременно повысить качество жизни человека, комфортность городской среды.

Сформулируем задачи новой отрасли прикладной науки — архитектурно-строительной экологии [21]:

изучение особенностей взаимодействия природной и застроенной сред и разработка способов достижения экологического равновесия;

сохранение исторического наследия, этнических особенностей архитектуры при введении новых экологических технологий и решений;

создание высококачественных, экологически обоснованных внутренней и внешней сред, использование экологических материалов;

учет требований сенсорной экологии (создание экологических визуальной, звуковой и запаховой городских сред);

приближение жителей городов к природной среде, вхождение природной среды в здания;

максимальное использование естественных возобновляемых технологий — от отопления до вентиляции и освещения;

органичное соединение зданий, естественной и культурной природы;

освоение подземного пространства и неудобных для обычной застройки территорий для сохранения естественных природных участков;

учет положений экологии человека при проектировании отдельных зданий, кварталов, поселений;

освоение природных достижений, т. е. решений, достигнутых в процессе эволюции, использование разработок архитектурной бионики, обеспечение глубинного природоподобия архитектуры;

экологическое образование и воспитание жителей городов с помощью красивой, экологичной, здоровой городской среды;

поддержание архитектурно-строительными средствами экологического равновесия между местами расселения и природной средой;

повышение качества жизни и комфортности среды в местах расселения и зданиях путем экореставрации природной среды, приближения к природной среде, фитомелиорации, создания привлекательного образа города, «мягкого» взаимодействия города и природной среды;

экологичная оптимизация архитектурных, конструктивных и технологических решений путем исключения негативных воздействий на окружающую природу и восстановления ранее нарушенной среды;

использование биопозитивных (экологичных) зданий и сооружений, а также архитектурных, строительных, конструктивных, технологических решений, воспринимаемых природной средой как родственные ей объекты и включаемых ею в экосистемы, помогающих существованию, восстановлению и развитию природной среды;

экологичная реконструкция зданий и сооружений;

экономия всех ресурсов, их устойчивое потребление, использование в большей мере возобновляемых ресурсов, сокращение и исключение отходов в целях достижения устойчивого развития;

применение природных и природоподобных экологичных материалов, а также экологически допустимых отходов производства при изготовлении строительных материалов и изделий в целях исключения поступления загрязнений в окружающую среду;

прогнозирование и оценка возможных негативных последствий строительства и эксплуатации новых и реконструируемых мест расселения, зданий и сооружений для окружающей среды;

своевременное выявление объектов, наносящих ущерб окружающей среде, при помощи эколого-экономического мониторинга и принятие соответствующих решений по экологизации;

экологическая сертификация и паспортизация материалов, изделий, зданий, сооружений в целях выявления их экологичности для города;

периодический анализ движения города к большей устойчивости развития и экологичности путем сопоставления предыдущих и текущих значений индикаторов устойчивого развития и строительства.

Из этого перечня следует, что экологизация необходима не только для всей архитектурно-строительной деятельности, но и для всех направлений жизни и деятельности в местах расселения. Экология как комплексная теоретическая и прикладная наука является научной базой архитектурно-строительной экологии. Для решения прикладных задач специалист должен владеть соответствующими знаниями, чтобы оценивать проектирование, строительство и эксплуатацию мест расселения и отдельных зданий с позиций экологии. Роль архитекторов и строителей как создателей экологичной городской среды постоянно возрастает.

Архитектурно-строительная экология — это широкая область прикладной экологии, неразрывно связанная с градостроительной экологией на макро- (планета, страна, регион), мезо- (область, край) и микротерриториальном (места расселения) уровнях. Деление на уровни несколько условно, так как некоторые урборегионы равны по территории целым странам. Важным разделом этой науки является экология литосферы (экология геоло-

Таблица 3.1. Структура архитектурно-строительной экологии

| Комплекс общих знаний  | Комплекс специальных знаний   |
|--|---|
| Глобальная экология  | Антропогенные воздействия   |
| Общая экология. Учение о биосфере  | Принципы экологизации поселений. Урбоэкология   |
| Устойчивость социально-экологической системы города  | Устойчивое строительство  |
| Социальная экология. Экология человека   | Устойчивая архитектура  |
| Глобальные экологические проблемы. Экологический кризис и роль городов в его возникновении | Экологичный город. Экология городской среды как синтез наук о здоровом городе. Комфортность городской среды                               |
| История взаимодействия городов и природной среды   | Оценка цикла жизни. Экологическая надежность и безопасность   |
| Инвайронментализм, глубокая экология   | Экологичные материалы и методы строительства  |
| Экология и религии. Экологические постулаты  | Экологичные здания и сооружения. Интеллектуальные здания  |
| Экологическая психология, философия, этика   | Сенсорная экология. Восприятие городской среды города   |
| Устойчивое развитие и «Повестка дня XXI века»  | Архитектурно-строительная бионика. Природные принципы   |
| «Повестка дня XXI века по устойчивому строительству»                                       | Экологичная реконструкция городов и реставрация ландшафтов  |
| Экологизация потребностей жителя города  | Устойчивые ландшафты. Фитомелиорация. Пермакультура   |
| Природное пространство. Экологический след   | Индикаторы устойчивого развития и устойчивого строительства   |
| Экоциклы. Потоки материалов и энергии в городах  | Экомониторинг. Геоинформационные системы (ГИС). Санитарно-экологическая паспортизация. Системы экологической сертификации. Охрана природы |
| Международные соглашения, организации и движения   | Экологическая экспертиза. «Мягкое» управление природой  |
| Пути экологизации города и восстановления экологического равновесия                        |   |

гической среды, инженерно-геологическая экология), учитывающая влияния городов на литосферу и литосферы на города.

Конструкционно-строительная экология тесно связана с архитектурной экологией (подобно органичной связи архитектурного и конструктивного решений зданий и сооружений). Она изучает конструктивные решения экологических зданий и сооружений, поддерживающих и даже воспроизводящих природную среду. Важным разделом архитектурно-строительной экологии является экология строительных материалов, в том числе и производства конструкций и материалов. Строительно-технологический раздел архитектурно-строительной экологии изучает экологическое влияние технологий на рабочих в период строительства, жителей городов и природу. Все разделы архитектурно-строительной экологии пронизывает идея экологизации создаваемой для человека среды и способов удовлетворения его многочисленных потребностей. Таким образом, архитектурно-строительная экология состоит из ряда органично связанных между собой и взаимопроникающих разделов. Зачастую одни и те же проблемы рассматриваются в разных разделах, при этом несколько меняются цель и глубина их рассмотрения.

Архитекторы и инженеры-экологи должны обладать как общими знаниями, формирующими их экологическое мышление, так и специальными, дающими возможность проектировать и строить в равновесии с природой, не загрязнять и восстанавливать среду при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. На основе этого подхода автором предложена структура архитектурно-строительной экологии (табл. 3.1).

Архитектурно-строительная экология сформировалась как новая наука в 1991 г. [21] и с тех пор находится в состоянии развития и совершенствования. В последние годы составными частями архитектурно-строительной экологии стали устойчивая архитектура и устойчивое строительство. На первом месте в этих науках стоит задача повышения качества городской среды внутри и вне зданий.

## **3.2. УСТОЙЧИВАЯ АРХИТЕКТУРА И УСТОЙЧИВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**

Эти новые науки направлены на поддержку устойчивого развития, они опираются на конкретные исследования и разработки в областях урбозоологии, архитектурно-строительной экологии, экологичной энергетики, транспорта и др. Застроенная окружающая среда и строительная индустрия — это две ключевых области для достижения устойчивого развития, так как большинство других индустриальных отраслей несопоставимо со строительной отраслью по жизненной значимости.

Международным советом по исследованиям и инновациям в строительстве (СІВ) в 1999 г. была разработана «Повестка дня XXI века по устойчивому строительству», детализирующая проблемы и решения устойчивого строительства (переведена на русский язык). Строительство поставлено в центр проблемы устойчивого развития, так как строительная отрасль является основным участником социально-экономического развития в каждой стране. Например, в Европе здания потребляют более 40 % энергии, а строительная отрасль оценивается как производитель приблизительно 40 % всех искусственных отходов. Поэтому качество городской среды находится на одном из первых мест в программе устойчивого строительства.

Устойчивое строительство — строительство, способствующее достижению устойчивого развития в его экологическом, социально-экономическом и культурном аспектах. В круг устойчивого строительства входит множество проблем — от экологических, градостроительных, архитектурных, строительных до экономических и социальных.

Устойчивая архитектура как новое направление еще формируется. Вначале она рассматривалась как архитектура зданий с пассивным и низким энергопотреблением. Это определение несколько сужало стратегию развития устойчивой архитектуры, но постепенно в круг ее проблем вошли новые направления: комфорт и благосостояние городского пространства; использование естественных технологий в освещении и вентиляции; микроклимат в зданиях; устойчивое высотное строительство; стратегии и инструменты для устойчивой архитектуры; материалы, оценка цикла жизни; застроенная среда с нулевым энергопотреблением; традиционные решения в устойчивой перспективе.

Рассмотрим основные задачи, решаемые с помощью методов устойчивой архитектуры и устойчивого строительства.

#### 1. Экологизация города и застроенной окружающей среды.

Необходимо понимание воздействия застроенной окружающей среды и человеческой деятельности на экосистемы, определение экологически обоснованных размеров экологического следа с учетом достижения равноправного доступа к ресурсам и использования только (или преимущественно) местных экосистем.

Нужно стремиться к экологическому равновесию между городом и окружающей средой с учетом сохранения естественной поверхности земли вместе с почвенным слоем, растительностью, рельефом и другими компонентами ландшафтов.

Необходимо применять решения по экологизации застроенной среды, зданий и их элементов, инженерных сооружений.

Особенно важны исследования проблем и решений для растущих городов в направлениях их децентрализованной концентрации (полицентричных городов), компактных городов, городов

короткого цикла. Города короткого цикла — это города с плотными городскими ядрами и хорошим озеленением. Повышение в таких городах количества, качества и уровня доступности зеленых территорий, рост и объединение зеленых структур путем устройства зеленых сетей и коридоров улучшают возможности для отдыха, сокращают загрязнения, благоприятно влияют на микроклимат.

## 2. Экономия энергии.

Нужно расширять политику сбережения энергии и применения естественных технологий, комплексного подхода к использованию энергии.

Необходимо проектирование энергосберегающих и энергоактивных зданий и технологий строительства, использование естественных технологий, не требующих затрат энергии, интеллектуальных зданий.

Нужно поощрять инновационное проектирование, разработку систем и изделий для энергоэффективных целей, интеграцию солнечных и других возобновляемых энергетических систем, обращать особое внимание на приспособление систем к модернизации.

На одном из первых мест должна стоять поддержка энергоэффективного проектирования недорогого жилья.

Для выбора оптимальных вариантов необходима оценка эксэргии (см. подразд. 6.2 и Приложение 2).

## 3. Улучшение комфортности городской среды и здоровья жителей.

Необходим учет воздействия застроенной окружающей среды на здоровье и снижение риска для здоровья.

Улучшение качества воздуха и воды, экономия водопотребления — это важнейшие задачи роста комфортности среды.

Расширение использования «зеленых» технологий для повышения качества городской среды, воздуха, воды позволяет снизить энергозатраты и повысить экологичность зданий.

Для снижения загрязненности городской среды нужно улучшать качество городской земли, процедуру очистки загрязненной земли.

Очень важной задачей является повышение комфортности сенсорной среды (визуальной, звуковой, запаховой).

Необходимо изучать и сокращать все виды негативных воздействий на качество городской среды — шум, вибрацию, электромагнитные поля и др.

## 4. Сокращение и утилизация отходов.

На первом месте должно стоять введение системы управления отходами, улучшение управления отходами на всех стадиях их образования.

Необходимо сокращение неблагоприятного воздействия строительных отходов путем их минимизации и рециркуляции.

## 5. Экономия ресурсов.

Среди задач экономии ресурсов одними из наиболее важных являются решение проблем недостатка пресной воды, улучшение экономящих воду устройств в новых и ранее построенных зданиях и системах для сбора дождевой воды.

Очень важно совершенствование методологии экономии и переработки строительных материалов, повторного использования и замены их возобновляемыми материалами. Необходимо улучшение путей эффективного использования материалов (увеличение срока службы, внедрение систем восстановления или модификации материалов, улучшение качества материалов, компонентов и услуг).

Надо поощрять и совершенствование новых материалов, использование местных строительных материалов, в том числе удлинение продолжительности жизни местных строительных материалов и технологий. Для этого необходимо развивать диалоговые системы информации об изделиях.

## 6. Повышение экологичности строительных материалов.

Нужно повышать уровень экологичности вновь создаваемых строительных материалов и совершенствовать существующие строительные материалы.

Необходимо развивать неразрушающие диагностические методы оценки состояния материалов, в том числе их экологичности.

Нужно использовать и совершенствовать модели для предсказания срока жизни зданий, развивать новые технологии и системы ремонта и модификации материалов.

## 7. Повышение экологического качества зданий.

Следует совершенствовать методы оценки экологического качества, стандарты на основе экоэффективности, схемы экологичной маркировки, оценки и сертификации эффективного цикла жизни зданий, всесторонние базы данных.

Нужно информировать специалистов о лучших методах экологизации.

Необходимо изучать и анализировать цикл жизни и критерии оценки материалов, услуг, строительства на глобальном уровне.

Для оценки экоэффективности требуются учет стоимости цикла жизни зданий, развитие методологий учета экологических воздействий и системная экономическая оценка всех экологических затрат.

Необходимо создание индикаторов устойчивого строительства, которые охватывали бы процессы строительства, эксплуатации и разборки.

## 8. Экологизация строительного процесса.

Строительный процесс должен быть коротким при долгосрочном прогнозе строительной деятельности.

При его разработке необходимо вводить новшества в проектирование и методы строительства, поощрять совершенствование

конструкций (например, объединение составных частей зданий) повышение долговечности, ремонтпригодности, способности к модификации.

9. Экосистемный подход к строительству зданий и совершенствованию городской среды, повышению ее комфортности.

Нужно рассматривать здание и застроенную среду как элементы социально-экологической системы и поддерживать оба компонента этой системы путем «мягкого» управления.

Для повышения качества городской среды жизни необходимо поддерживать широкую экологическую инфраструктуру, создавать сеть ландшафтов с экологическими коридорами.

Основой улучшения городской среды должна быть замещающая экологическая реконструкция зданий и реставрация ландшафтов.

Биопозитивная реконструкция мест расселения должна быть основой сокращения размера их экологического следа.

Экологизация, создание комфортной городской среды — это система знаний, мероприятий и решений по сохранению среды жизни, поддержанию экологического равновесия, сокращению негативных воздействий человеческой деятельности на природную среду и постепенному переходу к «мягкому» взаимодействию, направленному на сохранение и восстановление природы и среды жизни с использованием природосберегающих и природовосстанавливающих методов хозяйствования, повышением эффективности использования ресурсов и преимущественным потреблением возобновляемых ресурсов. Идеологической базой экологизации городской среды должны быть экологические постулаты — экологические законы, правила и принципы (см. подразд. 2.4).

Экосистемный подход подразумевает использование научного комплекса знаний и решений — экологии городской среды, представляющей собой синтез урбоэкологии, архитектурно-строительной экологии, экологической инфраструктуры, экологической индустрии, экологической культуры (экологической этики, философии).

Устойчивая архитектура и строительство постоянно развиваются, дополняются новыми идеями, направлениями. Одним из таких направлений является применение пассивных отопления и охлаждения и использование возобновляемых источников энергии в сочетании с конструктивными элементами зданий, вторым — использование пермакультуры в архитектуре (направление экологизации и производства сельскохозяйственной продукции, заключающееся в комплексном использовании территории и поверхностей зданий и инженерных сооружений для интенсивного выращивания продукции и одновременно для оздоровления окружающей среды и улучшения ее визуального восприятия), третьим — применение грунтозаполненных озеленяемых конструк-

ций наружных стен и покрытий зданий и инженерных сооружений. Озеленение как необходимый элемент современной экологичной архитектуры будет оказывать все большее влияние на внешний облик зданий и инженерных сооружений.

Архитектурно-строительные экологические решения при создании зданий и инженерных сооружений будут развиваться в направлении поддержки живой природы, что приведет к повышению качества предоставляемой человеку среды. Одним из направлений может быть обеспечение существования многообразия свойственных региону мелких птиц и животных в городе.

В экологичном городе со здоровой средой необходима поддержка общения жителей средствами архитектуры, в том числе соседей в домах, в уютных и озелененных дворах. Для постоянного воспитания всех жителей с помощью архитектурно-ландшафтной городской среды необходимо не только создание красивой и здоровой, чистой и приятной для органов чувств (зрения, слуха, обоняния и даже осязания) среды, но и участие всех жителей в поддержании ее качества.

На одном из первых мест в методах создания здоровой и экологичной городской среды находится экологичная красота зданий и инженерных сооружений (рис. 3.1). Эта красота обладает особенностями, связанными с антропологией и историей формирования поселений. Многие в экологичной красоте приятно человеку и издавна воспринимается им как визуально привлекательное. Это относится, например, к разнообразию и криволинейности форм (в природе нет абсолютно одинаковых листьев,

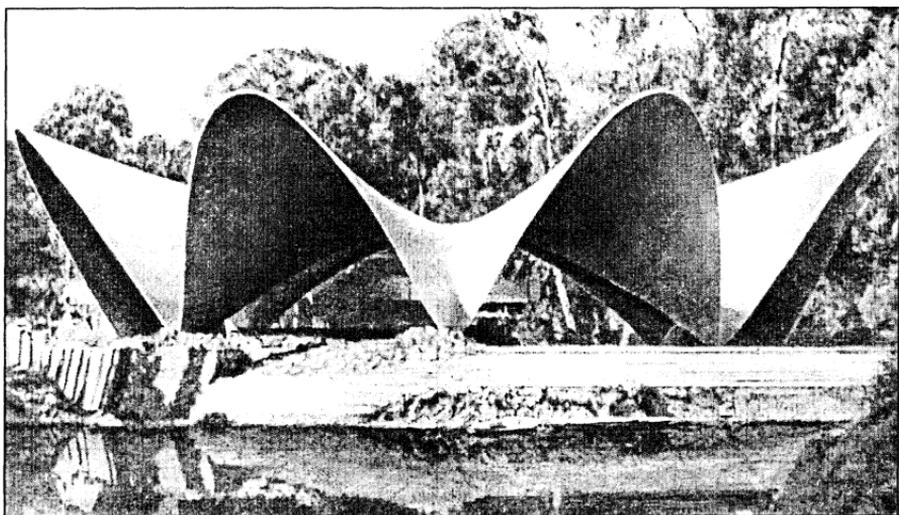


Рис. 3.1. Пространственная конструкция, близкая к природным формам и хорошо воспринимаемая визуально

деревьев, ландшафтов, нет идеальных плоскостей и прямых углов), к озеленению (человеческий глаз содержит много цветных палочек, реагирующих на зеленый цвет, поскольку человек вырос среди зелени и ему полезна именно такая среда). Человек инстинктивно ощущает полезность для себя и своего здоровья таких факторов экологичной красоты, как обилие природных ландшафтов, соответствующий цвет и его разнообразие, благоприятная сенсорная среда.

Вместе с тем отдельные конструктивные элементы современных экологичных зданий необычны для жителя города, так как они нарушают привычные представления о красоте, гармоничности, не соответствуют исторически сложившимся образам красивого дома, города. Появление таких элементов обусловлено новыми технологиями, меняющими облик зданий. Например, солнечные батареи и гелиоколлекторы на кровлях зданий не всегда вписываются в сложившуюся форму кровель. Необычен вид окон зданий с устройствами для улучшения освещенности путем ввода солнечного света в глубь помещений, совмещенными с устройствами солнцезащиты и солнечными батареями. Непривычный вид зданиям придают и современные устройства для естественной вентиляции, а также совмещенные со зданиями ветроагрегаты, если они видны на фасаде и при этом их лопасти вращаются, создавая негативное визуальное поле (чтобы исключить это поле, уже созданы ветроэнергоактивные здания, в которых ветроагрегаты установлены внутри зданий в специальных вертикальных трубах и потому не видны).

Новые экологичные технологии требуют глубокой проработки, чтобы экологичная архитектура, экологичная красота не были нарушены новыми устройствами. Эти технологические устройства также должны соответствовать принципам экологичности, в том числе и принципу природоподобия. Иначе в стремлении экологизировать один из параметров здания можно нарушить другой, не менее важный параметр. В то же время использование простых методов экологизации способно создать экологичную красоту зданий даже в случае применения самых невыразительных архитектурных решений (например, вертикальное озеленение закрывает бедный фасад и прячет его негативный облик).

Параметры экологичной красоты разнообразны, они постоянно меняются вследствие использования более высоких и экологичных технологий, а также в связи с изменением экологичности мышления архитекторов, строителей и жителей. В будущем новые технологии позволяют, по всей видимости, удовлетворить требования экологичной красоты. Экологичная красота страны, города, его кварталов, отдельных зданий и инженерных сооружений должна отождествляться в глазах жителей и специалистов с обеспечением экологизации города, его ландшафтов.

Понятие экологичной красоты — это развивающееся, еще не устоявшееся новое понятие. Для достижения экологичной красоты требуются не только конкретные экологически позитивные решения, но и экологическое образование и воспитание жителей города. Если люди будут создавать экологически красивую среду у себя дома и не станут обращать внимание на среду вне жилищ, то экологическая красота будет нарушена.

Для экологически красивых зданий важны в первую очередь внешний вид, форма, материал, которые должны быть природоподобны и красивы. Здания должны быть гармонично вписаны в ландшафт, т. е. не нарушать его основные компоненты. Все объекты, районы и город в целом должны находиться в экологическом равновесии с природной средой, для чего город должен рассматриваться не в отдельности от окружающей его среды, а вместе с ней. Площадь природных территорий внутри города и области должна быть близка к экологически обоснованной, тогда город и область могут удовлетворять понятиям экологичной красоты. Непрерывные урбоареалы, мегаполисы без экологически обоснованных зеленых территорий, даже если они совершенны в архитектурном отношении и чисты от загрязнений, не могут считаться экологически красивыми. Поддержка флоры и фауны в городе и рядом с ним находится на одном из первых мест в обеспечении экологичной красоты.

Важной задачей архитектурно-строительной экологии является обеспечение позитивного воздействия здоровой архитектурно-ландшафтной среды на органы чувств человека.

### **3.3. ВОСПРИЯТИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ЖИТЕЛЕМ ГОРОДА**

Световая, звуковая (физическая) и запаховая (химическая) среды несут информацию органам чувств, при этом 70...90 % информации воспринимаются органами зрения, 5...15 % — органами слуха и 5...15 % — органами обоняния, осязания и вкуса.

На первом месте по степени влияния на состояние человека находится видимая им окружающая среда. Житель современного города чаще всего видит плоские поверхности (фасады зданий, площади, улицы) и прямые углы в пересечениях этих плоскостей. В природе же плоскости и прямые углы практически не встречаются. В окраске городских зданий и сооружений господствует монотонный серый цвет бетона и асфальта, в природе же преобладает более благоприятный для глаз зеленый цвет, имеется обилие других разнообразных цветов, особенно в регионах с теплым климатом. По биологической активности цвета располагаются в том же порядке, что и в спектре. Наиболее сильна активность в крас-

ной части (возбуждает), наименее — в голубой (успокаивает). В городе много монотонно повторяющихся однотипных деталей на фасадах зданий, что связано главным образом с индустриальным изготовлением типовых изделий — окон, панелей, балконов и др. Особенностью же природных образований является колоссальное разнообразие деталей (например, нет абсолютно одинаковых листв, кустов и т.д.).

Область знаний о взаимодействии человека с видимой средой называется визуальной экологией, экологией зрительного восприятия или зрительной экологией. Профессор В.А. Филин, введший термин «видеоэкология», провел исследования в этой области и получил интересные данные, которые позволили на научной основе объяснить явления негативного восприятия зданий из монотонных плоских однотипных поверхностей и позитивного восприятия зданий с многочисленными и отличающимися друг от друга деталями и украшениями [21]. Для анализа им были использованы саккады — быстрые автоматические движения глаз. Глаза человека не могут быть долго направлены на одну точку, они постоянно должны перемещаться. Перемещения происходят в основном за счет саккад два-три раза в секунду. Когда человек находится на природе, то после очередной саккады его глаза практически всегда обнаруживают новый визуальный элемент, на котором можно остановиться на короткое время до следующей саккады (визуальные элементы в природе расположены довольно плотно и, как уже говорилось, всегда отличаются друг от друга). В городе же, характеризующемся наличием больших гомогенных полей, при очередной саккаде глаз не находит новый для него визуальный объект, мозг не получает нужной информации, в результате чего могут наступить неприятные ощущения. Перемещения глаз происходят автоматически, человек не может влиять на этот процесс.

Гомогенные поля зачастую неприятны для глаз, но еще более негативное воздействие оказывают агрессивные зрительные поля, когда на рассматриваемой поверхности (стен, тротуара, пола, обоев, ткани и др.) расположено множество одинаковых повторяющихся элементов (окон, плиток, швов, рисунков и др.). После каждой саккады глаз попадает точно на такой же элемент, какой уже был рассмотрен в предыдущий раз. Возникает заблуждение зрительной системы, что отрицательно сказывается на состоянии нервной системы и здоровье человека. Агрессивны и очень большие монотонные (гомогенные) поля, небольшие же здания, укрывшиеся в зелени, не действуют отрицательно, даже если они выполнены из серых монотонных плоскостей.

Живая природа не подчиняется законам симметрии: кажущиеся симметричными крылья животных, ноги, руки, левая и правая половины лица и тела в действительности несимметричны.

Можно предположить, что здания и сооружения также не должны быть полностью симметричны.

Вопросы положительного или отрицательного влияния визуальных полей в городе на человека в целом не столь однозначны, как это следует из видеоэкологии. Большую роль в позитивности или, напротив, негативности визуального восприятия зданий и сооружений играют также индивидуальные особенности людей, их воспитание. Известно, что не только многим архитекторам, но и людям, далеким от архитектуры, нравятся небоскребы, огромные площади, широкие проспекты с потоками автомобилей и т. д.

Агрессивными для человека можно априори считать любые воздействия, отличающиеся от привычных для его органов чувств (например, вредные запахи, сильные и резкие шумы, монотонные визуальные поля и др.). Агрессивность современных антропогенных воздействий обусловлена их принципиальным отличием от природных воздействий, которым человек был подвержен сотни тысяч лет в период своего становления. Как отмечал Н. Ф. Реймерс, человек исторически более приспособлен к жизни в сельской местности, поэтому городская среда вызывает в нем стресс [16]. И хотя человек всеми доступными ему средствами пытается приблизить к себе прежнюю, запечатленную в сознании природную среду в условиях, когда город полностью изолирует его от данной среды, это обычно не удается в полной мере. «Квазиприродные» воздействия рисунков листьев, цветов, красивых животных, рек и гор на обоях, одежде, линолеуме, пластмассовых цветов в квартире, пушистого зеленого синтетического ковра на полу взамен травы, приятного запаха цветов в духах и дезодорантах не компенсируют отсутствие естественных, привычных визуальных, запаховых и звуковых воздействий, а иногда могут быть просто вредны, например вследствие агрессивных выделений летучих веществ из пластмасс.

Состояние городской среды жизни оказывает чрезвычайно большое влияние на жителей. «Плохой», «больной» город с загрязненной средой, переполненным транспортом, невыразительными высокими зданиями, малой озелененностью, повышенной плотностью населения, постоянным шумом не удовлетворяет биологические потребности жителей и поэтому вызывает их повышенную агрессивность, рост преступности, стрессы, болезни, травматизм, алкоголизм, наркоманию. «Хороший», «здоровый», гармоничный город, органично вписанный в природную среду, с незагрязненным воздухом, чистой водой, большой озелененностью, невысокими красивыми зданиями, достаточным пространством для жителей, хорошей транспортной сетью, низким уровнем шума, участками «дикой» природы с естественными звуками и запахами вызывает умиротворяющее действие на жителей, снижает стрессы, алкоголизм, преступность, болезни [16, 21].

Самая близкая человеку среда жизни — это его одежда и жилище. Красивая и гармоничная, экологичная визуальная среда жилищ особенно важна, если учесть, что 75... 90 % времени человек проводит в помещении. Жилище должно быть красивым, индивидуализированным, достойным по площади и по качеству, гармонично сочетающимся с природной средой, экологичным. Требования красоты и гармоничности должны относиться к любым зданиям в городе.

Наиболее визуальны экологичны пространственные конструкции зданий, близкие природным формам. Широкое использование пространственных форм зданий и сооружений — это одно из важных направлений роста визуальной экологичности городов. Экология жилища и тесно связанная с ней эстетика жилища и быта — наиболее насыщенная конкретным, близким человеку содержанием часть человеческой культуры. Жилище человека и все его внутреннее убранство (внутренняя отделка квартиры, мебель, комнатные растения и животные, различные домашние приборы и приспособления, посуда, одежда и др.) должны быть экологичны и эстетичны. Для внутренней отделки квартиры должны применяться только естественные, приятные человеку и хорошо воздействующие на него материалы — дерево, натуральные краски, натуральная олифа, элементы керамики, глазурированная плитка, пробка, бумажные обои, натуральные ковровые покрытия и др. (подробнее см. в гл. 4). Цветовая гамма должна быть приятна для глаз, а формы отделки должны быть индивидуальны и соответствовать эстетическим потребностям жильцов. Здесь, очевидно, применимы известные законы красоты: гармония деталей и очаровательное разнообразие.

Фитодизайн внутренних помещений (жилых, офисов и др.) — это использование растений в интерьере с учетом особенностей их внешнего вида, влияния на здоровье людей, стойкости к микроклимату среды. Ландшафтное озеленение интерьеров может быть похожим, как в Японии и Англии, на природные ландшафты. Оно призвано вызывать соответствующие приятные ассоциации. Не менее эффективны принятые во всем мире зимние сады — создаваемые архитекторами и садоводами специальные озелененные помещения с водоемами, фонтанами, камнями, элементами малой архитектуры, соответствующим освещением. Внутри жилых помещений используют растительные карнизы, занавеси, стены из вьющихся растений.

Экологизация потребности в мебели и предметах домашнего обихода может заключаться в отказе от мебели из различных древесно-пластиков, выделяющих формальдегид и другие опасные вещества, использовании домашней утвари, изготовленной из возобновляемых или полностью рециклируемых материалов с большими запасами сырья для них в земной коре (керамика, стек-

ло). Визуальная экология рекомендует мебель с множеством выразительных деталей, аксессуаров (фигурные ручки, украшения, инкрустация и др.). В то же время экологизация указанной потребности связана с долговременным использованием мебели без ее замены, с ограничением количества мебели.

Нельзя не упомянуть об экологичности интерьера и мебели в храмах, старинных дворцах, замках. Не зная теории архитектурной экологичности, их создатели удивительным образом учитывали потребность человека в гармоничном многообразии, красоте и богатстве деталей, природоподобии форм, долговременном использовании изделий без быстрой смены. Интерьер храма (рис. 3.2) соответствует современным положениям визуальной экологии.



Рис. 3.2. Интерьер храма

Визуальная экологизация должна затрагивать все здания и инженерные сооружения, все детали этих объектов (экологичные ограждения лестниц, окон, визуально экологичные светильники и др.). Распространяя направления экологизации даже на самые небольшие и незначительные объекты, можно в итоге получить экологичный, визуально привлекательный образ любого здания, самого утилитарного инженерного сооружения. Наряду с визуальной средой к сенсорной среде поселений относятся также звуковая, запаховая среды и в меньшей степени — среда осязания.

Человек как «животное опушечных систем» [16] сформировался в условиях природных воздействий на органы чувств (сенсорных воздействий). Для его среды обитания было характерно зрительное воздействие красивых природных пейзажей (леса, холмов, трав, облаков, моря и рек, различных оригинально окрашенных животных и т.д.), воздействие природных звуков (шум ветра в деревьях, шум дождя, пение птиц, крики животных, плеск волн и др.), запахов земли, дождя, морского ветра, цветущих деревьев и кустарников. В течение длительного времени эти воздействия относительно мало изменялись. В результате индустриализации и стихийной урбанизации окружающая человека сенсорная среда постепенно стала агрессивной для органов чувств, исторически приспособленных к более позитивным воздействиям. Это не прошло бесследно. Известно, что люди, живущие в стандартных серых кварталах шумных и загрязненных городов, более склонны к агрессивным действиям, хулиганству.

Возможно, механизм агрессивности современной городской среды таков. В течение многих веков в мозгу человека создавался «имидж» окружающей среды, ее компонентов, места расселения, дома, улицы, соответствующий опыту предыдущих поколений. Новые необычные сенсорные воздействия, характерные для нынешней жизни, не соответствуют этому опыту и создают напряженность в психофизиологическом состоянии. Современная окружающая среда требует нового личного опыта, новой структуры поведения, нового «имиджа» города. Но предыдущий опыт складывался в течение длительного исторического периода и не может быть быстро заменен другим. Нужно очень много времени для такой замены.

Акустическая экология — еще одно актуальное направление в деле создания благоприятной городской среды. Шумовые воздействия приводят к нарушениям деятельности центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, органов слуха. При этом есть огромное число звуков и шумов, очень приятных для человеческого уха, а в условиях полного отсутствия звуков человек вообще не может нормально жить. Поэтому главной частью рассматриваемой проблемы является создание в местах расселения благоприятного звукового фона, положительно влияющего на состояние

людей. Такой звуковой фон лучше всего создавать естественным путем, максимально «впуская» природу в город, создавая условия для ее существования. Шум деревьев (здесь видна актуальность малоэтажного строительства, при котором здания не выше деревьев, деревья хорошо видны жильцам, а шум листьев проникает в комнаты), пение птиц, шум дождя, кваканье лягушек, плеск волн, стрекотание кузнечиков хорошо влияют на жителя города.

Установлено, что очень большую роль в психофизиологическом состоянии человека играют запахи. Их влияние изучает одоэкология — сравнительно новая отрасль урбозологии, получившая развитие в последние годы. Одорация городской среды в целях поддержания нормального психофизиологического состояния жителей города может вестись в следующих направлениях:

максимальное внедрение естественной природной среды в город с использованием принципов фитомелиорации среды (применение устойчивых растений с наиболее полезными выделениями в воздух);

использование специальных установок по одорации среды внутри зданий и на улицах города для создания приятных и здоровых природоподобных запахов, исключения неприятных запахов и борьбы с микробами.

### **3.4. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ БИОНИКА**

Архитектурно-строительная бионика при создании экологичного города с благоприятной городской средой не только служит приближению внешних формы зданий и сооружений к приятным для человека природным формам, но и позволяет существенно улучшить визуальное восприятие зданий и сооружений и их технико-экономические показатели. Издавна люди обращали внимание на сходство природных объектов и созданных человеком зданий и сооружений, на необходимость изучения принципов строения организмов с целью их использования в строительстве. Выдающийся итальянский архитектор и теоретик искусства эпохи раннего Возрождения Л. Альберти сравнивал здание с живым существом, создавая которое следует подражать природе.

Установлено, что перспективным направлением развития конструкций зданий является использование принципов устройства живых систем при создании новых конструкционных материалов и форм, новых принципов функционирования зданий [21]. Наибольший объем исследований самого разнообразного круга вопросов архитектурной, градостроительной и строительной бионики был выполнен в Институте легких конструкций (IL) Штуттгартского технического университета. Этим институтом до недавнего времени руководил выдающийся конструктор и архитектор Ф. Отто.

Архитектурно-строительная бионика тесно связана с архитектурно-строительной экологией. Она позволяет выявить оптимальные, выработанные самой природой за многовековой период решения и использовать их в архитектуре и строительстве.

В круг исследований архитектурной, градостроительной и строительной бионики входит множество вопросов: генеральные планы мест расселения; форма и красота природных конструкций; основные принципы строения природных конструкций; конструктивные системы в природе и их использование в архитектуре и строительстве (сжатые, растянутые и изгибаемые элементы, фундаменты, оболочки, структуры, мембраны, сетки); строение покровных тканей в природе; пассивные и активные природные материалы; биоморфность искусственных сооружений; органичная связь с ландшафтом; процедура роста природных конструкций и их разложения после выполнения функций; механизмы передвижения и разработки грунта и др.

Сопоставление природных принципов устройства и функционирования живых организмов и их сообществ с принципами, используемыми в строительстве, открывает весьма эффективные направления в совершенствовании строительства — от использования природных материалов до установления взаимоотношений сооружений с природой (табл. 3.2).

Далеко не все природные принципы могут быть использованы в строительстве и архитектуре, но развитие материалов и архитектурных форм позволяет надеяться на расширение этого процесса.

Применение в строительстве таких принципов, как гомеостаз, метаболизм, обратная связь и реакция на изменение внешних воздействий, саморазвитие и разложение после завершения срока жизни и ряда других, даст возможность в будущем достичь экологического равновесия технологическими средствами, использованием очень высоких технологий (метаболический дом; биотическое место расселения, создающее условия для существования разнообразных живых организмов в построенных человеком зданиях и сооружениях; «умные» здания и сооружения с системами датчиков и обратной связи, реагирующие на изменения внешних воздействий и создающие благоприятную среду вне и внутри здания, повышающие качество жизни; саморастущие по программе объекты; саморазрушающиеся и разлагающиеся после истечения срока эксплуатации здания и сооружения и др.).

На основе принципов бионики (размещение материала по направлениям главных усилий, разветвление, гексагональность природных изгибаемых элементов — листьев, стеблей, костей) разработаны конструкции сжатых (колонны), изгибаемых (балки и плиты), растянутых, пространственных (оболочки, мембраны), ограждающих (стены) элементов, фундаментов. Наиболее полно

Т а б л и ц а 3.2. Природные и строительно-экологические принципы

| Показатель                   | Принципы   |  |
|------------------------------|--|--|
|                              | в природе  | в строительстве  |
| Место расселения             | Параметры популяции определяются экологическими факторами  | Достижение экологического равновесия   |
|                              | Взаимосвязь всех элементов ландшафта<br>Выбор места обитания с учетом особенностей ландшафта (экологическая ниша)  | Взаимосвязь сооружений и элементов ландшафтов<br>Учет особенностей ландшафта при градостроительстве  |
| Взаимоотношения с ландшафтом | Гомеостаз (подвижно-стабильное равновесие системы)   | Стремление к достижению равновесия технологическими средствами   |
|                              | Вертикальное расслоение на ярусы<br>Метаболизм<br>Биотические факторы (взаимовлияние живых организмов)<br>Масштабность (соответствие размеров ландшафту)         | Пока не используется<br>Создание метаболического дома (первые опыты)<br>Пока не используется (нужна разработка основ и строительство биотического места расселения)                        |
| Информационные системы       | Отсутствие воздействия на рельеф, ландшафт<br>Естественный кругооборот веществ   | Стремление к тому, чтобы все здания и сооружения были масштабны ландшафту<br>Невмешательство в рельеф, незагрязнение ландшафта<br>Невмешательство в естественный кругооборот веществ       |
|                              | Информационно-измерительные системы (датчики, анализаторы)<br>Обратная связь (реагирование на изменение воздействий)<br>Реакция на времена года, опасность и др. | Использование информационно-измерительных систем в зданиях и сооружениях<br>Использование принципов обратной связи<br>Создание здания с автоматической реакцией на времена года, опасность |

|                      |  |  |
|----------------------|--|--|
| Энергия              | <p>Биологический мониторинг</p> <p>Природные возобновляемые источники энергии (солнце, ветер и др.)</p> <p>Экономия энергии</p> <p>Естественный свет, люминесценция и др.</p> <p>Живые аккумуляторы</p>    | <p>Использование мониторинга</p> <p>Создание зданий с нетрадиционными источниками энергии</p> <p>Создание энергоэкономичных зданий</p> <p>Создание зданий с новыми биологическими источниками света</p> <p>Использование новых экологически чистых биоаккумуляторов для зданий</p> |
| Развитие, разложение | <p>Саморазвитие по программе</p> <p>Ремонт и изменения при эксплуатации по программе</p> <p>Разложение после завершения срока жизни с возвратом в естественный кругооборот</p>                             | <p>Создание саморастущих сооружений</p> <p>Самозалечивание и нужные изменения по программе</p> <p>Саморазрушение с возвратом составляющих в процесс производства материалов</p>  |
| Материалы            | <p>Саморазлагающиеся материалы, не загрязняющие природную среду</p> <p>Композиты</p> <p>Сочетание пассивных и активных материалов</p>  | <p>Использование саморазрушающихся материалов, вторично включаемых в производство</p> <p>Применение композитов</p> <p>Создание активных материалов</p>   |
| Потребление ресурсов | <p>Постоянная очистка воздуха и воды</p> <p>Благоприятный звуковой (шумовой) фон</p> <p>Благоприятный волновой фон (смена скорости ветра)</p> <p>Отсутствие перерабатываемых загрязнителей (абсорбция)</p> | <p>Использование системы очистки воздуха и воды в городах, зданиях</p> <p>Создание благоприятного звукового фона в городах</p> <p>Обеспечение отсутствия волнового загрязнения, изменений направления ветра, влажности и др.</p> <p>Утилизация отходов, безотходные технологии</p> |

| Показатель  | Принципы  |  |
|-------------|---|--|
|             | в природе   | в строительстве  |
| Конструкции | <p>Пространственные конструкции, разветвление</p> <p>Гексагональность</p> <p>Тургор (внутреннее давление в клетках тканей), напряженные конструкции</p> <p>Торможение трещин</p> <p>Полифункциональность</p> <p>Природные материалы</p> | <p>Использование пространственных конструкций, разветвления</p> <p>Использование принципа гексагональности при изготовлении материалов и конструкций</p> <p>Использование принципа тургора</p> <p>Использование принципа торможения трещин</p> <p>Применение принципа полифункциональности</p> <p>Биоархитектура (использование только природных материалов)</p>   |
|             | Наружное покрытие   | <p>Связь наружного покрытия с климатом, географическим размещением</p> <p>Многообразие типов покрытий (волосы, перья, чешуя, кожа, иглы, броня, слизь и др.)</p> <p>Датчики в покрытии (рецепторы и др.)</p> <p>Обмен веществ, дыхание, теплообмен через кожу</p> <p>Связь цвета покрытия с ландшафтом, географическим размещением</p> <p>Наличие защитных функций</p> <p>Многослойное строение с различными функциями слоев</p> |

природа проявила себя в создании пространственных конструкций (как уже говорилось, в живой природе нет плоских элементов). Изучение строения природных форм (раковина, череп, оболочка яйца и др.) показывает необычайную проработанность конструкций, функциональную обусловленность. Им присущи восприятие распределенных нагрузок, перекрытие (торможение) трещин в целях недопущения разрушения ценного для организма материала (например, мозга), минимизация расхода материалов. Особой бионической конструкцией являются фундаменты, имеющие в живой природе многочисленные аналоги. Природные «фундаменты» чаще всего представляют собой структурные конструкции (корни), оболочки и мембраны (опорная часть ног животных и птиц). Поэтому весьма эффективно использование в строительстве корневых или корневидных свай, структурных фундаментов, оболочек и мембран. Фундаменты в форме пространственных конструкций — это новое материалосберегающее направление в современном фундаментостроении.

Сравнительно мало еще изучены природные конструкции ограждающих систем, защищающих живые организмы от внешних воздействий и выполняющих ряд дополнительных функций (размещение датчиков и др.). Строение «стен» живых организмов необычайно сложно и разнообразно, так как через них живые организмы обмениваются с окружающей средой энергией, информацией, веществами. Покровные ткани растений содержат наружные оболочки клеток, устьица для дыхания, воздушные полости и клетки. На основе природных решений предложены некоторые конструкции ограждений с дополнительной функцией вентиляции внутренней среды зданий через «устьица» [21]. Круг этих разработок может быть расширен, если создать стены с биоподобным покрытием (подобным коре деревьев субстратом для обитания мелких насекомых), устьицами и клапанами для вентиляции, системой датчиков для автоматического реагирования на изменения погоды и состояние внутреннего воздуха.

Комплексные природоподобные конструкции, в которых сочетаются «активные» и «пассивные» материалы, наиболее перспективны. Оболочки из «пассивных» материалов должны воспринимать постоянные нагрузки, а конструкции из «активных» материалов — временные и динамические нагрузки. Они должны также придавать всему сооружению необходимую (любую заданную) жесткость.

### **3.5. ГОРОДСКИЕ ЛАНДШАФТЫ**

Ландшафты города со здоровой средой являются частью его экологической инфраструктуры и потому важны для обеспечения

высокого качества городской среды, ее благоприятного воздействия на для жителей. Устойчивость всех экосистем и ландшафтов — это одно из основных условий устойчивого развития. Под устойчивостью ландшафтов понимают их способность к сохранению саморегулирования параметров в пределах, не превышающих критические. Устойчивость ландшафта зависит от устойчивости слагающих его компонентов. Наименее устойчивым компонентом ландшафта обычно является биота — исторически сложившаяся совокупность живых организмов, населяющих данный ландшафт.

Устойчивость экосистем и ландшафтов основывается на принципах необходимости биоразнообразия, потенциальной полезности каждого компонента и всеобщей взаимосвязи (выпадение какого-либо звена из сложной цепи трофических или иных связей может привести к непредсказуемым последствиям). В период усиления техногенных воздействий устойчивость экосистем и естественных ландшафтов приобрела особый смысл. С одной стороны, рост площади застроенных территорий, любых мест расселения и поступающих от них в природу загрязнений поставил вопрос создания устойчивых к воздействиям города экосистем и ландшафтов, расположенных внутри застройки и примыкающих к городу. С другой стороны, остающиеся пока в естественном состоянии экосистемы и ландшафты нуждаются в обеспечении их устойчивого существования в условиях усиливающихся антропогенных воздействий. Далеко не все компоненты ландшафтов одинаково устойчивы к антропогенным воздействиям: отдельные виды животных и растений обладают повышенной стойкостью, тогда как очень большое число видов совершенно не приспособлено к быстрым изменениям условий существования и к действию новых загрязнений, что приводит к их гибели. Устойчивые к загрязнениям виды, как правило, начинают болеть и срок их жизни сокращается. Поэтому можно говорить только об условной устойчивости ландшафтов.

В связи с наличием многообразных измененных деятельностью человека ландшафтов известный эколог А. Г. Исаченко предложил следующую их классификацию [8]:

условно неизменные (первобытные) ландшафты, не подвергающиеся воздействию человека (хотя и они испытывают влияние атмосферных загрязнений);

слабо измененные ландшафты, подвергающиеся экстенсивному воздействию человека, которое затрагивает лишь отдельные вторичные компоненты и не нарушает основные природные связи (например, выборочная рубка леса);

сильно измененные, нарушенные ландшафты, подвергающиеся интенсивной эксплуатации человеком, которая приводит к существенному нарушению внутренних и внешних связей, небла-

гоприятным изменениям ландшафта (например, обезлесению, эрозии, загрязнению, засолению и др.);

культурные ландшафты с рациональным, с точки зрения использования человеком, преобразованием, изменением структуры в интересах человека.

К этому перечню нужно добавить полностью погубленные городские и промышленные ландшафты, которые не могут быть использованы для создания здоровой среды без экореставрации. К таким «мертвым» ландшафтам можно отнести:

городские земли, покрытые бетоном, асфальтом, занятые зданиями, что привело к гибели всей почвенной флоры и фауны, исключению этих земель из участия в круговороте веществ (экоцикле) в природе;

промышленные территории, подвергавшиеся длительное время воздействию загрязняющих веществ, что привело к гибели почв и растительности, устойчивому и плохо выводимому загрязнению, невозможности самоочищения почв. Сюда же можно отнести территории свалок (особенно свалок химических отходов), шламовых прудов и др.;

все искусственные бионегативные поверхности современных зданий и сооружений (включая объекты техники), которые не могут быть освоены флорой и фауной подобно естественным субстратам.

В здоровом городе и вокруг него необходимо сохранение естественных ландшафтов и создание новых устойчивых экосистем. Добиться этого можно с помощью следующих мероприятий:

сохранение экологически обоснованного объема естественных экосистем, консервация;

поддержание обоснованного соотношения между естественными и освоенными территориями;

предохранение естественных экосистем от любого антропогенного воздействия;

использование естественных трудно преодолимых границ и создание искусственных границ по периметру естественных территорий;

введение буферных территорий между первобытными и другими ландшафтами;

использование «чередующегося» расположения естественных и антропогенно преобразованных территорий, устройство зеленых коридоров, соединяющих все природные территории;

создание устойчивых культурных ландшафтов (в местах расселения и деятельности);

фитомелиорация среды с повышением устойчивости культурных экосистем;

экореконструкция ранее возведенных зданий и сооружений;  
возведение широкого комплекса биопозитивных зданий и инженерных сооружений в местах расселения;

биооптимальное обустройство всех территорий, на которых осуществляется деятельность человека;

пермакультура в чистой городской среде, в архитектуре;  
создание устойчивых сельских ландшафтов.

Все городские ландшафты могут быть улучшены с помощью фитомелиорации. Мелиорация (улучшение) городских ландшафтов в целях повышения их устойчивости заключается в использовании (как правило, комплексном) биотических средств — мелиорантов (фитомелиорантов — сообществ автотрофов — высших растений и водорослей, лишайников; зоомелиорантов — сообществ некоторых гетеротрофов — животных; протомелиорантов — главным образом редуцентов) и абиотических (технических) средств.

*Фитомелиорацией* называется оптимизация антропогенно преобразованной природной городской среды путем использования естественных преобразовательных функций растительности [11]. Фитомелиорация напрямую связана с созданием устойчивых культурных ландшафтов. Фитомелиорация города выполняет несколько важнейших функций: мелиоративную, санирующую, рекреационную, инженерно-защитную, архитектурно-планировочную и эстетическую. Прежде всего она направлена на улучшение состояния почв, поскольку развитие растений (в первую очередь деревьев) зависит от объема почвенной толщи, занимаемой корнями, наличия почвенной влаги и питательных веществ в этой толще.

Санирующая функция фитомелиорации заключается в создании таких фитоценозов, которые могут обеспечить улучшение санитарно-гигиенических условий жизни, в том числе отдыха жителей. Санирующая функция во многом зависит от структуры фитоценозов. Ее составным элементом является улучшение воздуха, прежде всего продуцирование кислорода в городе, где его потребление постоянно растет.

Одна из задач фитомелиорации — достижение термического комфорта в приземном слое воздуха. На тепловой комфорт человека влияет не только температура воздуха (комфортны температуры в пределах 16...22 °С), но и влажность, и скорость ветра. Освежающее действие на воздух одного растущего в хороших условиях здорового дерева равноценно работе 10 комнатных кондиционеров. Рост влажности воздуха, обусловленный испарением влаги растительным покровом, воспринимается человеком как понижение температуры.

Фитомелиорация оказывает существенное влияние на оптимизацию движения воздуха в городе, на латеральные потоки ветра, что, в свою очередь, воздействует на транспирацию (испарение воды растениями). Фитомелиорация ослабляет солнечную энергию, проникающую через атмосферу, влияет на освещенность территорий и зданий.

Выявлена значительная роль городских фитоценозов в снижении воздействий пыли и газов на человека. Деревья, кустарники и травы улавливают пыль из воздуха, когда тот проходит через естественный лабиринт веток и листья. Летом на поверхности листьев, веток и ствола задерживается до 50 % пыли, зимой — до 37 %. Осевшая на растениях пыль смывается затем осадками, попадая на почву или в ливневую канализацию. Растения также отфильтровывают воздух от вредных примесей газов и дымов, в результате чего токсические газообразные и пылевидные загрязняющие вещества проникают в ткани листовой пластинки и клеточные оргanelлы и накапливаются там.

Зеленые насаждения примерно в три раза увеличивают число легких отрицательно заряженных ионов в воздухе.

Установлено, что в городском воздухе содержится значительно больше болезнетворных бактерий, чем в воздухе сельской местности. Это является следствием выделения растениями в воздух летучих веществ — фитонцидов. Степень фитонцидности воздуха зависит от противобактериальной активности растений, количества выделяемых ими активных веществ, вегетационного состояния растений, инсоляции, температуры и движения воздуха и др.

Шумозащитная фитомелиорация оказывает существенное влияние на снижение уровня шумов в городе, действующих на прохожих и жильцов.

Озелененные и обводненные территории города с большими объемами и поверхностями парков, садов, скверов, водоемов, существенно изменяют тепловой и влажностный балансы. Хорошо развитые зеленые насаждения снижают разницу между температурами воздуха в городе и окрестностях, способствуют появлению постоянных воздушных течений, созданию благоприятных микроклиматических условий (рост влажности, снижение запыленности, охлаждение горячего летнего воздуха и др.). Городские зеленые насаждения благоприятно влияют на предупреждение водной и ветровой эрозии, связанной с изменением городской поверхности (асфальтирование, регулирование стока и т. д.).

Эстетическая функция фитомелиорации города исключительно ценна для людей. В период экологизации деятельности человека и перехода к устойчивому развитию состояние природы города является критерием экологизации общественного сознания. Отношение к природе в городе ярко свидетельствует об уровне экологического воспитания и образования, гуманности людей, понимании ими ценности природы. Фитоценозы оказывают наиболее сильные эстетические воздействия. Фитомелиорация позволяет существенно гуманизировать негативный облик современного города путем введения привычных и приятных для человека природных форм. Специальный подбор растений дает возможность позитивно влиять на зрение, слух, обоняние и даже на осязание.

Фитомелиорация существенно повышает рекреационный потенциал города. Особенно сильно она должна влиять на рекреационную зону, располагающуюся вблизи мест жилья, работы. Здесь в наибольшей степени должны проявляться saniрующая и эстетическая функции фитомелиорации.

Городская фитомелиорация может играть важнейшую инженерно-защитную роль, противодействуя ряду негативных латеральных потоков (снеговых, пылевых, дымовых, водных, водно-почвенных), а также фитодренажную роль на переувлажненных почвах. Кроме того, фитомелиорация — это существенная часть экологической ландшафтной архитектуры города (рис. 3.3).

В системе фитомелиорации определенную позитивную роль могут играть интродуценты — растения из других регионов. Интродукция издавна и успешно применяется при озеленении городов. Использование для городского озеленения растений, произрастающих в различных ботанико-географических зонах Земли, часто определяется их толерантностью к климатическим услови-

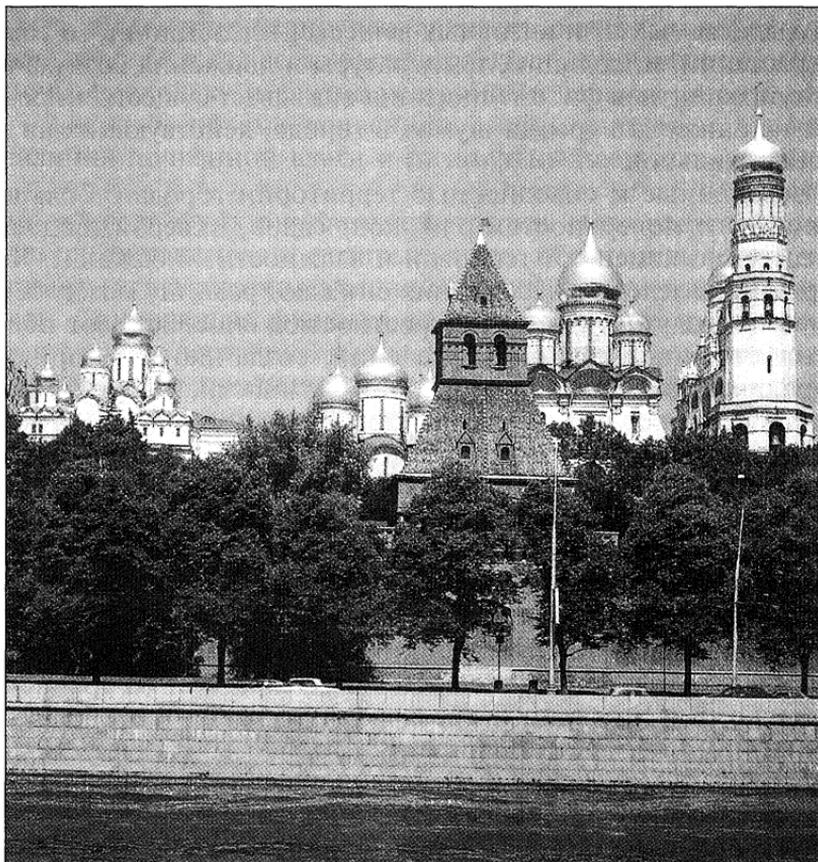


Рис. 3.3. Ландшафт Кремля

ям. В процессе интродукции растений почвенные условия менее важны, чем климатические. Как показывает опыт [11], при интродукции растений из более южных и теплых регионов, негативное влияние оказывают низкие температуры, заморозки. Основное условие хорошей интродукции таких растений — их морозостойкость, т. е. способность переносить отрицательные температуры. Лучше всего интродуцируются виды, произрастающие в климатических условиях, не очень сильно отличающихся от условий мест их интродукции. Лучше вводить растения из областей-аналогов или из географически и экологически близких областей.

Природные и улучшенные культурные ландшафты являются основой экологического каркаса города — объединенных зелеными коридорами, зелеными клиньями и переходящих друг в друга участков природы различной площади.

Идеальный экологический каркас города и региона должен иметь вид сети с равномерно распределенными по площади «ячейками» природы, включающими в себя все компоненты естественных и культурных ландшафтов — леса, парки, реки, озера, луга, лощины, возвышенности, скверы, сады и т. д. Коридорами — стержнями, соединяющими ячейки, могут быть также естественные компоненты — реки, ручьи, лесополосы, клинья лесов и лугов и другие протяженные и узкие природные объекты. При их отсутствии необходимо создание культурных зеленых коридоров, которое может сопровождаться формированием новых «ячеек» каркаса, если их площадь на территории города мала или их число невелико.

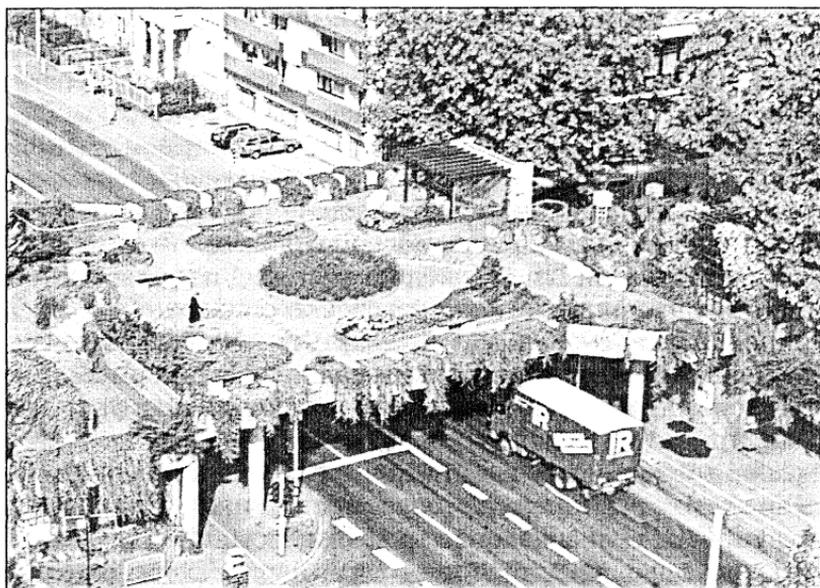
Культурные ландшафты города, улучшенные с помощью фитомелиорации, могут стать устойчивыми островами здоровой среды жизни в сложной мозаике городских ландшафтов, включающей в себя «мертвые», сильно- и слабонарушенные, а также естественные ландшафты. Как правило, зеленые и промышленные зоны распределены в плане города неравномерно и во многом случайно. Это не позволяет создать хороший экологический каркас и в итоге — нужное, экологически обоснованное качество среды. В этом случае необходимы замещающие длительные экологические реставрация и реконструкция.

Культурные зеленые коридоры можно создавать в сложившейся структуре городской застройки следующими способами:

снос малоценных зданий и сооружений и устройство на их месте зеленых коридоров;

перевод линейных инженерных объектов под землю при неглубоком заложении и выполнение зеленых коридоров на ранее занятой ими территории;

строительство специальных коридоров (переходов) над и под магистралями (рис. 3.4). Эти переходы представляют собой грунтозаполненные конструкции с регулярными железобетонными ящи-



*a*



*б*

Рис. 3.4. Зеленые коридоры над улицей (*a*) и между домами (*б*)

ками на верхней поверхности. После выполнения гидроизоляции ящики засыпают почвой, в которой высаживают травы, цветы и кустарники.

При экореконструкции можно предусматривать устройство зеленых коридоров в комплексе с другими решениями по экологичным зданиям и инженерным сооружениям. Зеленые переходы особенно рационально выполнять вблизи школ и других детских учреждений.

Придание существующему неэкологичному городу экологичных свойств необходимо осуществлять путем вытеснения и замещения старых, не представляющих исторической ценности объектов. Такое замещение должно носить «мягкий», постепенный характер. Наиболее эффективны при этом следующие мероприятия: перенос объектов в подземное пространство; индустриальное перемещение за территорию города; ликвидация объектов; смена способа использования; экологическая реконструкция; экологическая реставрация ландшафтов.

Экологичная архитектурно-ландшафтная среда города играет важнейшую роль не только в обеспечении высокого качества городской среды жизни и экологического равновесия, но и в экологическом воспитании средствами архитектуры жителей города, удовлетворении их потребностей и поддержании более устойчивого развития городов.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Охарактеризуйте содержание архитектурно-строительной экологии. В чем ее сущность?
2. Какие задачи решает архитектурно-строительная экология?
3. Что такое устойчивое строительство и устойчивая архитектура? С какой более общей программой они связаны и на что направлены?
4. Каково содержание программы устойчивого строительства?
5. Каковы признаки экологической красоты зданий и сооружений?
6. Каковы особенности восприятия городской среды органами чувств человека?
7. Назовите позитивные и негативные для органов чувств качества городской среды.
8. Укажите основные положения архитектурно-строительной бионики. В чем ее ценность для создания благоприятной городской среды?
9. Каковы особенности формирования городских ландшафтов? Какие ландшафты наиболее ценны для создания здоровой городской среды?
10. Что такое фитомелиорация? Как улучшить качество городской среды с помощью формирования экологичных ландшафтов?
11. Почему городская среда может быть агрессивной для человека?

#### 4.1. ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ. ЦИКЛ ЖИЗНИ И ЕГО ОЦЕНКА

Используя экологически предпочтительные строительные материалы, можно добиться существенного улучшения внутренней среды в зданиях, поэтому важным шагом в направлении экологизации отдельного здания и целого города должен быть экологически и экономически сбалансированный выбор строительных материалов. Эта задача весьма актуальна: нездоровый внутренний воздух, способствующий росту числа заболеваний, обнаружен в 30 % новых и отремонтированных зданий в мире. В ходе строительства могут появиться проблемы с закапыванием мусора, приводящие к загрязнению воздуха и воды.

Зачастую экологичные строительные материалы относительно дороги или недоступны либо не могут быть применены в здании или сооружении в связи с проблемами прочности, жесткости, огнестойкости и др. Например, для строительства высотного дома не могут быть применены такие массовые экологичные материалы, как дерево и кирпич. Его лучше всего строить из несколько менее экологичного железобетона. Чтобы не увеличивалась стоимость здания, экологические требования должны быть сбалансированы с экономическими. Даже наиболее экологически сознательный проектировщик здания или изготовитель строительных материалов будет в конечном счете стремиться к экологическим выгодам без больших экономических затрат (идеальные строительные материалы должны улучшать экологическое состояние без роста стоимости строительства, чего в действительности трудно добиться). Поэтому должны быть сбалансированы также экологические и экономические показатели строительных материалов.

К полностью экологичным (биопозитивным) можно отнести строительные материалы, изготовленные из возобновляемых природных ресурсов, оказывающие позитивное влияние на здоровье человека или нейтральные по отношению к нему, не загрязняющие природную среду при их изготовлении, требующие минимальных затрат энергии в процессе изготовления, полностью рециклируемые или разлагающиеся после выполнения функций

подобно материалам живой природы. Всем этим требованиям отвечают немногие естественные материалы: дерево, бамбук, солома, торф и некоторые другие растительные материалы, шерсть, войлок, кожа, пробка, коралловый песок и камни, натуральный шелк и хлопок, натуральная олифа, натуральный каучук, натуральные клеи и др.

К условно экологичным материалам можно отнести строительные материалы, полученные из широко представленных в земной коре полезных ископаемых или полностью вторично используемые (следовательно, испытывающие незначительную убыль и к тому же позволяющие экономить до 80...90 % энергии на их производство) и не оказывающие негативного влияния на внутреннюю среду и здоровье людей. К ним относятся керамические изделия (кирпич, черепица, плитка и др.), бетон, стекло, алюминий, с некоторыми ограничениями — сталь (запасы железной руды ограничены).

К неэкологичным строительным материалам относятся некоторые пластмассовые изделия, синтетические лаки, краски, гидроизолирующие материалы, выделяющие опасные загрязняющие летучие вещества — фенолформальдегид, толуол, оксид и диоксид углерода, сернистый и серный ангидрид, сероводород, оксид азота, аммиак, пыль, волокна, ртуть, меркаптан, хлор, фтор, синильную кислоту и др.

Экологические качества разных строительных материалов в настоящее время сравниваются с помощью оценки цикла жизни строительного объекта. Эта оценка базируется на том, что на всех стадиях цикла жизни (добыча сырья, промежуточная обработка, изготовление, установка, эксплуатация и обслуживание, переработка, управление отходами) производятся экологические воздействия на среду. Анализ, который исключает любую из этих стадий, нельзя признать полным.

Процедура оценки цикла жизни включает в себя четыре шага. На первом шаге определяют количество экологических вкладов и продукции, связанных с материалом в течение полного цикла жизни. Под экологическими вкладами понимают воду, энергию, землю и другие ресурсы; под продукцией — выбросы в воздух, землю и воду. На втором шаге характеризуют вклады в глобальные экологические воздействия. В течение третьего шага синтезируют экологические воздействия. На четвертом шаге определяют и оценивают возможности улучшения экологической характеристики материалов. Цель этого анализа состоит в облегчении выбора более экологичного и экономичного материала из множества альтернативных строительных материалов.

При оценке стоимости цикла жизни суммируются все затраты. Несколько альтернативных строительных материалов для данного функционального назначения (например, для пола) могут таким образом быть сравнены по стоимости цикла жизни в целях опре-

деления, какой из них имеет наименьшие объем и стоимость. Метод предусматривает учет начальных инвестиций (закупка), затрат на замену, эксплуатацию, обслуживание и ремонт. Соответствующий период оценки изменяется для каждой заинтересованной стороны. Например, временный житель дома выбрал бы период, в течение которого он будет жить в доме, тогда как долгосрочный владелец — период оценки всей жизни здания.

Цикл жизни здания (рис. 4.1) — это полный и непрерывный процесс его создания, эксплуатации и разборки, включающий в себя такие стадии, как добыча полезных ископаемых и производство строительных материалов, сооружение здания, его функционирование (в том числе снабжение водой, газом, электроэнергией, удаление отходов), периодический ремонт, возможная реконструкция, разборка после окончания срока эксплуатации с возвращением территории в состояние «зеленой лужайки», вторичное использование полученных при разборке материалов.

Оценка цикла жизни и стоимость цикла жизни являются критериями выбора наиболее эффективного материала и объекта, удовлетворяющего основным требованиям устойчивого строительства. Оценка цикла жизни учитывает образующиеся в процессе строительства, эксплуатации, ремонта, реконструкции и разборки отходы, которые необходимо направлять на переработку или вторичное использование. При разработке вариантов объекта необходимо предусматривать широкий комплекс мер, рекомендуемых архитектурно-строительной экологией, урбоэкологией, экологией материалов и другими экологическими науками для обеспечения концепции устойчивого строительства (рис. 4.2).

Оценка учитывает экологические, экономические, социальные и культурные факторы устойчивого строительства. При этом целями оценки могут быть альтернативное сравнение вариантов для

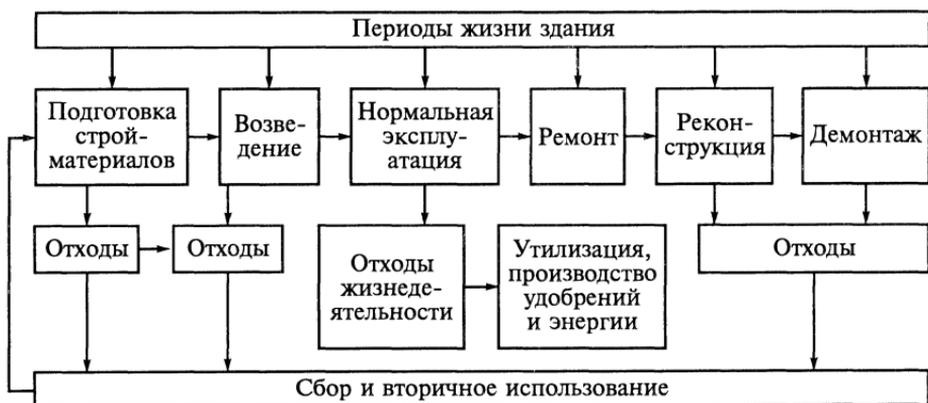


Рис. 4.1. Типичный цикл жизни здания, включающий в себя управление отходами



Рис. 4.2. Природоохранные требования в течение срока жизни для новых и реконструируемых зданий

выбора оптимального либо оптимизация конкретного варианта объекта или процесса. Эффективная стратегия состоит в том, чтобы увеличить воплощенную в объект энергию (более прочные конструкции, дополнительная изоляция, более сложные ограждения) и тем самими уменьшить затраты, связанные с эксплуатацией, восстановлением и заменой конструкций.

Очень важен вопрос назначения вида внутренних отделок. Отделки, которые трудно удалять, могут вызывать появление агрессивных выделений при ремонте (очистке) и требовать более частой замены, что, в свою очередь, может существенно увеличивать материальные затраты и усиливать негативные экологические воздействия. Легко удаляемые отделки положительно влияют на стоимость цикла жизни.

Проектировщики должны знать, в каких пределах и условиях лучше работает (или не работает) тот или иной материал (бетон, сталь, древесина), как лучше подводить энергию (централизованная поставка, или от местной электростанции, или от возобновляемых источников), удалять и очищать загрязненные стоки (централизованно или с помощью локальных установок) и т.д.

Сложность анализа цикла жизни обусловлена главным образом длительной эксплуатацией зданий и инженерных сооружений (свы-

ше сотни лет). Анализ цикла жизни предполагает прогнозную оценку стоимости разнообразных материалов и энергии через десятки и сотни лет после начала эксплуатации. Такие оценки могут не соответствовать действительным параметрам, на которые влияют различные сценарии (пути) развития мира, страны и конкретного города. Особенно это относится к стоимости энергии, так как запасы некоторых источников энергии конечны. Оправданием неточной оценки является то, что она применяется для всех сравниваемых вариантов сооружений. На одном из важных мест при оценке цикла жизни стоят экологические проблемы, которые далеко не всегда могут быть оценены количественно. Например, сохранение поверхности земли при строительстве, поддержание биоразнообразия, экономия ресурсов не всегда оцениваются экономически, либо эта оценка носит случайный характер и зависит от уровня развития страны и экологичности мышления. Анализ экологических проблем при выборе варианта здания позволяет выявить нагрузки на среду города от конкретных работ и степень влияния различных стадий цикла жизни на эти нагрузки (рис. 4.3).

Как уже отмечалось, при выборе материалов нужно стремиться к балансу их экологической и экономической характеристик. При этом нужно иметь в виду два фактора экологической оценки цикла жизни материалов: создание здорового, удобного, безопасного места проживания (среды жизни) и снижение объема использования природных ресурсов.

Строительные материалы, сокращающие объем использования природных ресурсов и имеющие длительный срок эксплуатации либо многократно используемые, вносят вклад в устойчивое строительство, создание здоровой среды жизни. Существуют следующие критерии выбора материалов:

1. Потребное количество для строительства. Стратегия выбора материалов состоит в том, чтобы в процессе строительства использовать меньшее их количество, покупать меньше изделий.

2. Возможность многократного использования. Сборные разбираемые элементы, двери, облицовочные панели и другие легко демонтируемые изделия, а также некоторое количество архитектурных элементов из металла и стекла могут быть сохранены и многократно использоваться.

3. Возможность переработки. Имеется по крайней мере три типа переработанных материалов:

материалы, которые больше не могут использоваться для первоначальной цели;

восстановленные индустриальные отходы, которые не могут многократно использоваться в том же самом процессе, например шлак, получаемый в процессе плавления металлов и минералов;

материалы, получающиеся в результате внутренних производственных процессов, например отходы от отделки.



Рис. 4.3. Комплексный экологический подход к разработке вариантов цикла жизни здания

4. Возобновляемость. К возобновляемым относятся древесина, волокна растений, шерсть и другие компоненты, которые являются потенциально заменимыми в пределах ограниченного периода времени (нескольких десятилетий или меньше).

5. Соответствие местным условиям. Некоторые типы зданий и материалов являются более подходящими для того или иного региона с учетом климатических условий. Например, использование массивных стен целесообразно там, где наблюдаются большие ежедневные температурные колебания.

6. Стоимость цикла жизни и требования обслуживания. В течение срока эксплуатации объекта, который может составлять более 100 лет, требуются обслуживание и замена некоторых материалов. Поэтому может быть оправдано изначальное использование более дорогих материалов, позволяющее избежать дальнейших затрат на обслуживание.

7. Возможность восстановления и рециркуляции. По окончании проектного срока службы материал должен быть восстановлен или переработан. Поэтому очень важна потенциальная пригодность к переработке металла, пластмассы, стекла, древесины, каменной кладки.

Металлические изделия пригодны для повторного использования, если они могут быть демонтированы (отделены от здания) для рециркуляции.

Большинство пластмасс пригодно для повторного использования, но их разнообразие затрудняет сбор и рециркуляцию.

Чистые стеклянные изделия пригодны для повторного использования.

Твердая древесина пригодна для повторного использования. Конструктивные деревянные элементы и столярные изделия должны быть легко разбираемыми.

Бетон, глину, каменную кладку и керамику обычно трудно повторно использовать. Некоторая рециркуляция указанных материалов возможна после разрушения изделий из них. Полученный при этом щебень используется в основаниях тротуаров и дорог, а иногда и как заполнитель бетона невысокой прочности.

Строительные материалы влияют на среду в помещениях. Плохое качество воздуха в помещениях может быть обусловлено загрязнителями, поступающими от наружных и внутренних источников, в том числе частицами, размер которых меньше ячеек фильтрационного оборудования. Загрязнение среды происходит в результате деятельности людей, работы оборудования; часть загрязнителей поступает от строительных материалов, в том числе:

летучие органические вещества, выделяемые внутренними отделочными материалами и их компонентами;

летучие вещества, испускаемые периодически используемыми изделиями для чистки ковров, покрытий, плитки и др.;

волокна, поступающие в воздух от текстиля, изоляции и подобных изделий;

почва, биологические материалы (например, грибы и бактерии), газы, образующиеся при биологической деятельности;

макрочастицы чистящих (в том числе распыливаемых) средств.

Эти загрязнители могут влиять на здоровье и производительность труда людей. Нельзя подвергать строителей, обслуживающий персонал и жителей потенциальной угрозе, связанной с эмиссией от материалов, ни при строительстве или реконструкции

объекта, ни на этапе его эксплуатации, ни в процессе разрушения. Информация об опасности того или иного материала в период строительства должна предоставляться его изготовителем. Согласно закону, такая информация требуется по любому материалу, который опасен для здоровья. Информацию относительно риска для жителей в течение нескольких недель после окончания строительства получить трудно, потому что данными об эмиссии в этот период изготовитель, как правило, не располагает.

Дополнительные проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды строительными материалами, возникают при разрушении зданий.

Одна из них обусловлена так называемым эффектом оседания. Материалы с грубой поверхностью и пористые материалы содержат микроскопические выступы и впадины, которые могут адсорбировать переносимые воздухом частицы. Оседание загрязнителей на таких поверхностях может быть весьма существенным. Твердые, гладкие и непористые поверхности имеют низкий эффект оседания.

Влажность и высокая температура материалов зачастую ведут к ухудшению их свойств и увеличению эмиссии загрязнителей. Влажность также поддерживает рост микробов.

Неподходящие методы очистки могут нарушить материал и ввести в него компоненты чистящих изделий. Мягкие покрытия этажей типа ковров восприимчивы к этому. Непористые покрытия с малыми размерами швов требуют минимального обслуживания и менее склонны к загрязнению.

Существует мнение, что естественные материалы являются лучшим экологическим выбором, что они менее опасны для здоровья, чем искусственные синтетические материалы. Подтвердить или опровергнуть данный тезис может исследование эмиссии от этих материалов.

Согласно принципам экологичного строительства процесс выбора материалов должен базироваться на оценке цикла жизни и более привычных критериях, таких как стоимость, эстетическое восприятие, затраты работы, пригодность и др.

На первое место по степени экологичности можно поставить древесину и ее производные как наиболее массовый биопозитивный строительный материал, позволяющий получать легкие, прочные, негорючие, не гниющие (после специальной обработки) конструкции. Дерево приносит пользу и до того, как становится строительным материалом. В период роста оно является естественным фильтром, выделяет в воздух полезные для человека вещества (фитонциды), обогащает атмосферу кислородом, а почву гумусом, создает ниши для существования различных животных. Лес, использованный (в экологически обоснованных пределах) для изготовления строительных материалов, полностью восстанавлива-

ется, т. е. природная среда «не замечает» изъятия небольшой части леса. Модифицированная древесина — достаточно высокопрочный материал, который можно армировать. Стены, выполненные из дерева, «дышат» и обеспечивают внутри помещений благоприятный микроклимат. Поэтому можно считать дерево одним из наиболее перспективных биопозитивных строительных материалов.

Вторыми по степени экологичности можно считать керамические строительные материалы и изделия из глины: необожженные кирпичи из глины в смеси с соломой и песком, обожженные кирпичи, большеразмерные пустотелые керамические камни для стен и перекрытий, плитку, черепицу и др. Наименее энергоемки кирпичи из высушенной глины в смеси с армирующей ее соломой, которые много веков используются при строительстве зданий разной этажности в условиях сухого климата или при надежной защите от влажности. Несомненным достоинством этого строительного материала является его полное вторичное использование, например в качестве добавки в почву для выращивания растений. Главные проблемы обеспечения долговечности зданий из таких материалов — защита от осадков с помощью надежной кровли и защита от грунтовых вод с помощью гидроизоляции.

Последние десятилетия можно назвать периодом второго рождения кирпича, черепицы и эффективных большеразмерных тонкостенных керамических изделий как элементов стен, перекрытий и колонн. Разработаны автоматизированные линии по производству большеразмерных (высотой с комнату) керамических камней с повышенными теплозащитными свойствами и керамических изделий как оставляемой опалубки для изготовления монолитных перекрытий и железобетонных колонн. Кирпич и керамические изделия являются рециклируемыми материалами, хотя и не в полной мере (при изготовлении и переработке этих изделий требуются большие затраты энергии).

Среди невозобновляемых материалов можно выделить алюминий и стекло как почти полностью (на 90 %) рециклируемые материалы. При их повторном получении требуется значительно меньше энергии, чем при первоначальном.

Сокращение расхода энергии при производстве биопозитивных строительных материалов является очень важной задачей, так как позволяет не только снижать стоимость материалов и расход энергоресурсов, но и меньше загрязнять среду. Так, при первичном получении  $1 \text{ м}^3$  алюминия требуется очень большой расход энергии —  $7250 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  (для получения  $1 \text{ м}^3$  цемента требуется  $1700 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ , древесно-волоконистых плит —  $800$ , кирпича —  $500$ , газобетона —  $450$ , дерева —  $180$ ). Такой большой расход энергии делает алюминий неэкологичным материалом, однако при повторном его получении из лома затраты энергии составляют око-

ло 600 кВт·ч, что позволяет считать алюминий условно экологичным материалом.

Интересным примером использования местного экологичного материала является возведение небольших домов со стенами из соломы (возрождение давно известного, но забытого метода). Первые бескаркасные жилые дома из прессованных соломенных блоков были построены в XIX в. В начале XX в. в США наряду с жилыми домами из соломенных блоков строились также школы и хозяйственные постройки. В России возрождение строительства жилых домов из соломенных блоков началось на Урале. Первое здание было построено в 1994 г. в деревне Маяк.

Стены таких современных жилых домов делают чаще всего с деревянным каркасом, хотя они могут быть и бескаркасными. Блоки из сухой соломы изготавливают с помощью пресса. После уплотнения солома должна быть связана пластиковыми скрепами. Масса блока (25... 40 кг) позволяет укладывать его вручную. Для повышения жесткости стены уложенные блоки прошивают арматурой. Блоки кладут на цементном растворе. Предусматривается надежная гидроизоляция в местах стыка с фундаментом. Кровля должна нависать над стеной в виде козырька вылетом не менее 0,5 м для защиты от увлажнения. Стена покрывается слоями штукатурки снаружи и внутри для защиты, придания эстетичного вида, повышения прочности. Штукатурят такие стены по сетке с гидроизоляцией.

Академией экологии Белоруссии разработан экологичный дом со стенами из соломы, укладываемой в тюки, скрепляемые раствором. Другим вариантом является смешение соломы с глиняным раствором. Такой дом неотличим по внешнему виду от любого другого дома. В 2004 г. соломенные блоки были использованы П. Даунтоном при строительстве зданий экоквартала в Аделаиде [21]. Недостатком соломенных стен является их малая прочность и возможность осадки, вследствие чего лучше использовать каркасные решения.

В России разработана технология получения утеплителя и кирпичей из прессованного торфа. Высота стен при этом может достигать уровня третьего этажа.

Выбор наиболее экологичного материала в современных условиях, когда, с одной стороны, повышаются требования к экологичности, а с другой, появляется все больше искусственных и вредных материалов, представляет сложную задачу экологичного проектирования и создания здоровой, экологичной среды жизни. Реклама производителей, к сожалению, часто содержит неточные или даже неверные данные о степени экологичности материала; понятие «экологически чистый материал» стало обязательным атрибутом практически любой рекламы. Поэтому экологически и экономически обоснованный выбор строительных материалов

очень важен. Для более обоснованного выбора материала требуется глубокий анализ его показателей на всех этапах производства и эксплуатации (табл. 4.1).

В настоящее время еще достаточно сложно выбрать полностью экологичные материалы для всех конструкций здания и его отделки и при этом обеспечить невысокую стоимость строительства.

Таблица 4.1. Показатели, влияющие на выбор экологичного материала

| Этап цикла жизни                         | Показатели экологичности материала   |
|--|--|
| Добыча и подготовка исходных компонентов | <p>Наличие большого количества исходного компонента в земной коре</p> <p>Возобновляемый исходный материал</p> <p>Материал хорошо поддается повторному использованию, не требует больших затрат энергии при добыче и подготовке</p> <p>Добыча и подготовка не ведут к загрязнению окружающей среды</p> <p>Исходный материал (сырье) не выделяет загрязнений</p> |
| Изготовление материала                   | <p>Минимальные затраты энергии при изготовлении</p> <p>Минимальное загрязнение среды при изготовлении</p> <p>Минимальное количество отходов при изготовлении</p>   |
| Эксплуатация, использование, ремонт      | <p>Оздоровление среды зданий</p> <p>Отсутствие необходимости использования вредных сопутствующих материалов (клеев, растворов и др.)</p> <p>Отсутствие каких-либо загрязнений среды</p> <p>Простые технологии при строительстве, отделке, эксплуатации</p> <p>Максимальная долговечность, пригодность для ремонтов</p>   |
| Утилизация                               | <p>Простая, наиболее полная и неэнергоемкая утилизация, в том числе с получением теплоты при сжигании</p>  |
| Повторное использование                  | <p>Возможность повторного использования в какой-либо форме</p>   |

Поэтому при выборе материалов и сопоставлении вариантов отдают предпочтение более экологичным материалам, например линолеуму на органической основе, утеплителю на основе бумаги или пенобетона, деревянным окнам и дверям, органическим краскам и т. д. Как отмечалось выше, весьма продуктивно использование оценки цикла жизни материала, позволяющее проводить более углубленный анализ экологичности и экономической эффективности с учетом не только единовременных затрат при приобретении материала, но и всех последующих затрат, что в итоге может обеспечить объективный выбор из нескольких альтернативных вариантов.

В связи с необходимостью экономии энергии при таком выборе повышается внимание к энергоемкости материалов (табл. 4.2).

Экологические факторы постепенно приобретают все более высокую значимость при анализе альтернативных вариантов строительных материалов. Строительная индустрия во всем мире потребляет наибольшее количество материалов, добываемых человеком. При добыче и изготовлении очень велик объем отходов производства. Различные материалы весьма существенно отличаются друг от друга соотношениями объемов исходного сырья и получаемого продукта. Это соотношение является важнейшим показателем экологичности материала.

Таблица 4.2. Энергоемкость строительных материалов

| Материал                              | Уровень энергоемкости | Энергия, необходимая для производства, ГДж/т |
|---------------------------------------|-----------------------|--|
| Алюминий                              | Очень высокий         | 200... 250                                   |
| Пластмассы                            |                       | 50... 100                                    |
| Медь, нержавеющая сталь               |                       | 100  |
| Сталь                                 | Высокий               | 30... 60                                     |
| Олово, цинк                           |                       | 25   |
| Стекло                                |                       | 12... 25                                     |
| Сухая гипсовая штукатурка             |                       | 8... 10                                      |
| Цемент                                |                       | 5... 8                                       |
| Известь                               | Средний               | 3... 5                                       |
| Кирпич и черепица из глины            |                       | 2... 7                                       |
| Сборный бетон заводского изготовления |                       | 1,5... 8                                     |
| Гипс                                  |                       | 1... 4                                       |
| Бетонные блоки                        |                       | 0,8... 3,5                                   |
| Бетон                                 |                       | 0,8... 1,5                                   |
| Силикатный кирпич                     |                       | 0,8... 1,2                                   |
| Древесина                             | 0,1... 5              |  |
| Песок, зола-унос, грунт               | Низкий                | Менее 0,5                                    |

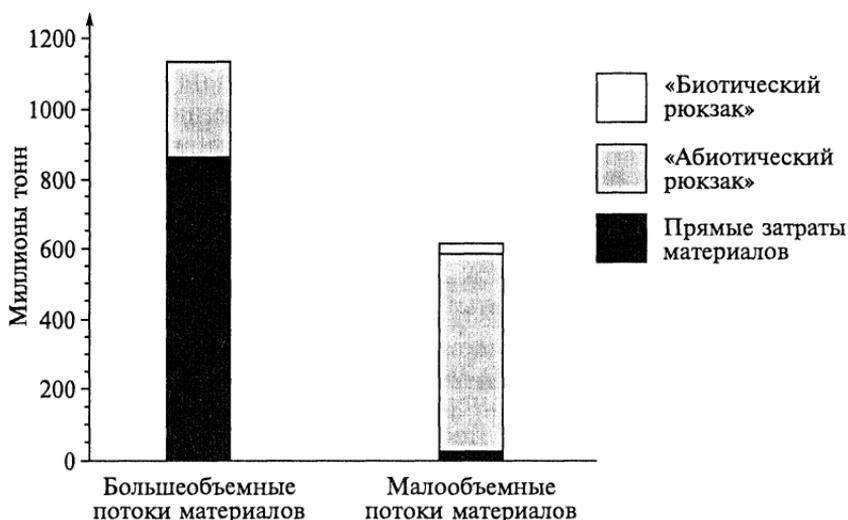


Рис. 4.4. Сопоставление «экологических рюкзаков» для конструкций из невозобновляемых («абиотический рюкзак») и возобновляемых («биотический рюкзак») материалов

В последние годы для выбора экологичных материалов рекомендуется проводить анализ интенсивности потоков материалов с использованием идеи «экологического рюкзака» — объема материалов, которые используются при получении единицы конечного продукта. Исследования показали, что «экологический рюкзак» особенно велик для конструкций из природных невозобновляемых материалов («абиотический рюкзак») и мал для конструкций из природных возобновляемых материалов («биотический рюкзак») (рис. 4.4). Он существенно зависит от объема применяемых материалов. В современных большеобъемных потоках материалов «биотический рюкзак» отсутствует. Чем меньше объем потока, тем больше «экологический рюкзак», но только незначительная его часть имеет биотический характер. Это важное обстоятельство подчеркивает актуальность расширения применения экологичных строительных материалов, изготавливаемых из возобновляемых природных ресурсов.

## 4.2. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Бетон.** Производство портландцемента для бетона требует больших затрат энергии и сопровождается существенной эмиссией диоксида углерода (углекислого газа). Ресурсоэффективные варианты:

золобетон, в котором золой (отходы работающих на угле тепловых электростанций) заменено до 30 % портландцемента, содержащегося в обычных смесях. При этом могут использоваться только некоторые типы золы. Портландцемент может быть также смешан с доменным шлаком;

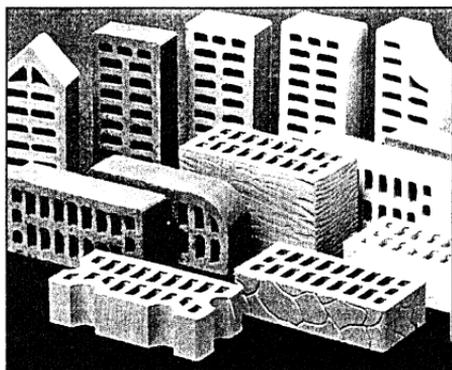
бетон с переработанными заполнителями, которые могут включать в себя разрушенные бетон, кирпич и другие отходы каменной кладки, разбитое стекло;

легкий бетон, содержащий вместо части обычного заполнителя вулканические материалы типа пемзы, перлита и др. Эти материалы имеют меньший вес и обеспечивают некоторую теплоизоляцию;

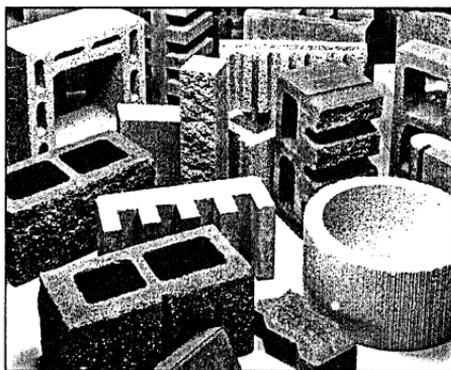
малоотходная опалубка. Использование стальных модульных форм, скользящей и оставляемой опалубки, а также готовых блоков, может уменьшить загрязнения и отходы при формовке бетона.

Эмиссия загрязнителей воздуха от бетона низка. Бетон часто закрыт отделкой и грунтом, поэтому производимое им загрязнение воздуха минимально. В то же время необходимо испытание бетона на эмиссию радона (ввиду вероятности выделения радона щебнем, зависящей от места его добычи). Суперпластификаторы выделяют летучие вещества, неблагоприятно воздействующие на кожу и раздражающие бронхи. Материалы для смазки форм иногда выделяют вредные летучие вещества. В этом случае их следует заменять воском или минеральными изделиями на основе нефти.

Изделия для каменной кладки. Эти изделия выполняют из бетона, глины, стекла и различных легких материалов (рис. 4.5). Используется также естественный камень. Большинство изделий в каменной кладке устанавливают на растворе из портландцемента, песка и извести.



а



б

Рис. 4.5. Облегченный дырчатый глиняный кирпич (а), «теплая» многопустотная керамика (б)

**Ресурсоэффективные варианты:**

легкие бетонные блоки и кирпичи из пенобетона или с заполнителями типа пемзы, чтобы уменьшить вес конструкции и повысить теплоизоляцию;

бетонные блоки с эффективным утеплителем типа пенополистирола;

кирпичные изделия с заполнителями из переработанных отходов, например золы. Зола должна быть проверена на наличие загрязнителей, которые могут причинить вред здоровью людей или оказать неблагоприятные экологические воздействия. Полые блоки можно заполнять переработанными отходами;

местные камни или легкие искусственные камни, сделанные от цемента и переработанных отходов;

блоки из переработанных стеклянных отходов.

Изделия для каменной кладки экологичны, минимально загрязняют воздух.

**Металлы.** Сталь широко применяется в строительных конструкциях. Стальные и медные изделия пригодны для повторного использования, если тщательно отсортированы. Алюминий является, вероятно, наиболее пригодным для повторного использования материалом в зданиях.

**Ресурсоэффективные варианты:**

сталь с проверенным заполнителем (30 % и более);

алюминий с проверенным заполнителем из отходов (20 %).

Металлические изделия практически не вызывают загрязнения воздуха (только при сварке на стройплощадке). Единственное исключение — изделия, которые могут требовать полировки, очистки или перекрашивания на месте.

Металлические покрытия строительных изделий, архитектурных элементов, дверей, и мебели могут вызывать загрязнения воздуха.

**Древесина и пластмасса.** Для деревянных конструкций и отделки интерьера должна использоваться древесина деревьев, произрастающих в нашей стране, — сосны, ели, березы, кедра, дуба и др. Для изготовления мебели, дверей, столярных изделий иногда импортируется древесина тропических видов деревьев, что недопустимо ввиду их уникальности.

Большинство пластмасс делается из продуктов переработки нефти или природного газа. При их производстве могут выделяться потенциально опасные вещества.

Пластмассы иногда используют в строительстве как покрытия, наиболее же часто их применяют для внутренней отделки помещений.

**Ресурсоэффективные варианты:**

низкосортная древесина для изделий типа балок, слоистой фанеры, составных и дерево-металлических балок;

структурная обшивка из прессованной газетной бумаги. Преимущество заключается не только в использовании переработанного материала, но и в добавлении акустической изоляции.

Древесина не загрязняет воздух. Существенно загрязнение воздуха от клеев, используемых при изготовлении некоторых деревянных изделий. Изделия, сделанные на клеях типа фенольных смол и полиуретана, имеют низкую эмиссию.

### **4.3. ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Наплавляемая изоляция имеет важные преимущества для плоских и скатных кровель с малым наклоном, которые могут быть выполнены в виде кровель-газонов с дренажом и слоем почвы и травы для обеспечения среды обитания птиц и других представителей живой природы.

Кровля, ввиду ее местоположения, не является, как правило, определяющим загрязнителем внутреннего воздуха. Исключение составляет горячая асфальтовая кровля, которая выделяет чрезвычайно много воздушных загрязнителей в процессе ее изготовления и вносит свой вклад в образование смога. Эта кровля опасна и для здоровья строителей, поэтому применение ее должно быть ограничено.

Герметизация является важнейшей особенностью изоляции подземных эксплуатируемых частей зданий, а также обвалованных объектов. Герметики обычно используются в небольших количествах, тем не менее они сильно влияют на здоровье людей, поскольку многие из них изготовлены на основе растворителей и ядовиты.

Ресурсоэффективные варианты:

герметики с большей долговечностью независимо от материала (в связи с высокой стоимостью их замены и ремонта при повреждении);

герметики, позволяющие получить надежную защиту от проникновения влаги при минимальных стоимости и трудоемкости.

Герметизация подземной части зданий требуется для исключения просачивания туда грунтовых вод, защиты конструкций от действия агрессивных грунтовых вод, опасных газов. Различают окрасочную (в виде лаков и красок), обмазочную (в виде мастик, жидких герметиков, наносимых в холодном или горячем виде), оклеечную, навариваемую, заанкеренную (пленочную, листовую) и набрызговую гидроизоляцию. Из них наиболее эффективны навариваемая и листовая. При высоком уровне грунтовых вод рекомендуется сплошная наружная гидроизоляция по контуру подземной части здания. К гидроизоляции предъявляются следующие требования:

долговечность при контакте с грунтом и грунтовыми водами; устойчивость к неравномерным деформациям зданий, деформациям и образованию трещин в окружающем здание грунте; простота выполнения (адгезия к материалу здания, пригодность при любых углах наклона изолируемой поверхности, возможность изгиба в углах, незначительное изменение свойств при колебаниях температур, невысокие требования к чистоте и качеству изолируемой поверхности).

В настоящее время чаще всего используют новые рулонные армированные наплаваемые материалы (типа «изопласт») в два слоя, исключая применение нетехнологичной битумной мастики. Новые виды гидроизоляционных рулонных материалов наваривают на ровную сухую поверхность конструкций с использованием специальных газовых горелок или инфракрасного излучения. Газовыми горелками разогревают ровную поверхность конструкции и слоя изоляции, после чего слой изоляции прикатывают (лучше всего специальными легкими катками), надежно присоединяя к железобетону. Для защиты от повреждений при обратной засыпке котлована на гидроизоляцию можно нанести слой торкретбетона или выложить защитную стенку из кирпича.

Типы изоляции и варианты ее примыкания к конструкции разнообразны. Стойки к агрессивным воздействиям, действию низких и высоких температур синтетические листовые и пленочные материалы, например из поливинилхлорида, наклеиваемые на конструкцию с помощью битумно-полимерной мастики. При этом листы сваривают горячим воздухом или склеивают растворителем. Получили распространение термопластичные ковровые изоляционные материалы, представляющие собой армирующую основу из стеклоткани или фольги, покрытую с двух сторон слоем полимербитума или битума толщиной 1,4... 4 мм, имеющего высокую температуру плавления. Разработаны многочисленные и эффективные типы гидроизоляции проникающего (пенетрирующего) действия (типа «ксайпекс»), представляющие собой затворяемый водой порошок, наносимый в виде шпатлевки и проникающий в поры бетона навстречу потоку воды. Вступая в реакцию с водой и свободной известью, он образует нерастворимые соединения, закупоривающие капилляры. Это позволяет принимать меры против протечки воды изнутри зданий, благодаря чему не требуется обнажение фундамента снаружи, со стороны поступления грунтовых вод.

В грунтах естественной влажности используют окрасочную гидроизоляцию в виде покрытий из лаков, красок, а также обмазочную, состоящую из битумных, асфальтовых и эпоксидно-фурановых мастик толщиной 2... 3 мм. При наличии постоянного высокого уровня грунтовых вод предусматривают внутреннюю или наружную гидроизоляцию из ребристого листового полиэтилена толщиной 1... 3 мм с анкерующими ребрами для заделки в желе-

зобетон. Эффективны геомембраны толщиной 1,5 мм и более (например, GSE).

В последние годы одним из эффективных способов наружной гидроизоляции признано использование матов с гранулами бентонита натрия, расположенными между двумя слоями самых различных фильтрующих материалов, которые либо разлагаются в грунте (биоразлагающийся гофрированный картон в матах Volclay), либо пропускают воду (маты «Бентомат», Dual Seal и др.). Общая толщина мембраны составляет около 5 мм. При попадании влаги на бентонит происходит увеличение его объема с образованием водонепроницаемого геля. Для такой изоляции характерны: низкая водопроницаемость (коэффициент фильтрации  $10^{-11}$  м/с, что эквивалентно слою глины толщиной 0,9 м), способность самозалечивать повреждения, сплошность после гидратации; долговечность и неизменность свойств при неограниченном числе циклов замораживания — оттаивания, гидратации — дегидратации; стойкость к загрязнениям. Преимуществами бентонитовых матов являются простота и надежность их укладки. Маты укладывают внахлестку без сварки или склейки в виде рулонов или листов мембран (на вертикальных поверхностях их нужно крепить пристреливанием или клеем).

Герметики, используемые вне здания, слабо влияют на загрязнение внутреннего воздуха. Акрил, силиконы и покрытые силиконом акрилы — самые безопасные герметики для внутреннего использования, в них меньше всего растворителей. Герметики, используемые в закрытом помещении в любом количестве, должны быть тщательно отобраны только после оценки их влияния на здоровье человека. Изделия на основе растворителей, бутилов, полиуретана в закрытом помещении применять нельзя.

Тепловая изоляция является важным фактором экономии энергии. Степень такой экономии зависит от климата, формы и ориентации здания и его использования.

Ресурсоэффективные варианты:

изоляция из минерального волокна (базальта или сталелитейного шлака). Она широко распространена и может использоваться в большинстве случаев;

изоляция из стеклянного волокна, содержащая не менее 30 % переработанного стекла;

целлюлозная тепловая и акустическая изоляция, содержащая не менее 70 % отходов бумаги по объему. Такая изоляция применяется только в виде засыпки. Для заполнения горизонтальных участков ее подают через трубопровод низкого давления. Иногда используют небольшое увлажнение, чтобы улучшить стабилизацию изоляции. Распыляемые виды изоляционных материалов предназначены для акустической изоляции и могут содержать минеральное волокно;

изоляция из пенопласта с рециклируемой добавкой, получаемой при переработке тары для напитков и продуктов быстрого питания;

полиуретановая пена — распыляемый изоляционный материал или в виде матов;

вермикулит и перлит — естественные полезные ископаемые, которые могут использоваться в изолирующих смесях;

изолирующая пена из силиката натрия и магнезии для использования в местах, где необходима противопожарная безопасность;

отражающая изоляция для уменьшения лучевой составляющей передаваемой энергии. Ее выполняют из алюминиевой фольги и металлизированных пластмасс и устанавливают на крыше с воздушным зазором.

Теплоизоляция существенно повышает энергоэффективность как расположенных на поверхности земли зданий, так и обвалованных жилых домов. Температура вмещающего грунта для зданий, строящихся в районах с отопительным периодом, обычно ниже требующейся для создания необходимых комфортных условий. Теплоизоляция поверхности подземных частей зданий позволяет сократить расход энергии на отопление. Применение теплоизоляции нежелательно лишь в тех редких случаях, когда требуется теплопередача из здания в грунт в целях снижения расхода энергии на кондиционирование. Теплоизоляция должна обеспечивать повышение температуры внутри помещения по сравнению с температурой окружающего грунта. Могут использоваться сплошная теплоизоляция всего здания с увеличением толщины теплоизоляционного материала в верхней части здания, а также теплоизоляция в виде теплозащитного экрана над зданием. В последнем случае облегчается поступление теплоты из здания в грунт и одновременно обеспечивается защита здания от проникновения холода.

Качество утеплителя определяется степенью его соответствия следующим требованиям:

максимально сниженный коэффициент теплопроводности (в настоящее время достигнуто значение около  $0,027 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ );

низкая плотность (уже достигнуты значения  $25 \dots 30 \text{ кг}/\text{м}^3$ );

низкое водопоглощение (современные материалы имеют очень низкое водопоглощение — до  $0,07 \%$  по объему за 24 ч;

достаточно высокая прочность на сжатие, изгиб — до  $0,7 \text{ МПа}$ ;

низкая горючесть;

длительный срок службы — до 120 лет;

высокая морозостойкость — более F300;

широкий диапазон рабочих температур — от  $-180$  до  $+74 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

низкая паропроницаемость — до  $1,4 \cdot 10^{-12} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$ .

Среди широко используемых утеплителей наиболее известны блочный (белый обычный) и экструзионный (цветной) пено-

полистирол, несколько типов минеральной ваты, пенобетон и пеносиликат, пенополиуретан; в последнее время в промышленных масштабах стало применяться пеностекло. В меньших объемах используются и другие менее эффективные, но более прочные и негорючие утеплители — пенополистиролбетон, особо легкий керамзитобетон, вермикулитобетон и др.

Экструзионный пенополистирол относится к умеренно горючим материалам (группа горючести Г2), но зато имеет самый низкий среди современных утеплителей коэффициент теплопроводности, самую низкую плотность и сравнительно высокую прочность, что позволяет использовать его в монолитном строительстве, где необходимо выдерживать значительное давление свежесложенной бетонной смеси. По сумме показателей экструзионный пенополистирол относится к наиболее эффективным материалам, но имеет высокую стоимость по сравнению, например, с блочным пенополистиролом. Низкое водопоглощение экструзионного полистирола позволяет успешно использовать этот материал в эксплуатируемых плоских «инверсионных» кровлях обвалованных зданий и в кровлях-газонах, в которых утеплитель размещается не под слоем гидроизоляции, а выше него. При этом утеплитель находится в условиях повышенного увлажнения, так как над ним располагается только твердое покрытие из отдельных плиток или растительный грунт. Листовой пенополистирол успешно применяется при устройстве эксплуатируемых кровель, особенно в случае действия больших распределенных нагрузок (например, если на кровле устраивают зеленый газон или стоянку для автомобилей).

Поскольку под воздействием влаги свойства большинства типов теплоизолирующих материалов изменяются, необходимо укладывать их на слой пароизоляции, а сверху защищать надежной гидроизоляцией (экструзионный пенополистирол практически не впитывает влагу и потому не нуждается в гидроизоляции). Так как при обратной засыпке возможно действие значительных сил трения грунта по поверхности изоляции, способных вызвать ее деформацию, надо тщательно уплотнять грунт.

Требуются осторожное обращение с изоляционными материалами и очистка от них работников. Нельзя допускать попадания этих материалов в воздушную систему здания. Минеральные и стеклянные волокна признаны канцерогенными веществами, поэтому работающие с ними должны быть максимально осмотрительны. Волокна целлюлозы относительно безопасны, но содержат в качестве антипиренов и стабилизаторов бораты и сульфаты, которые раздражают слизистые оболочки. Вермикулит и пыль перлита потенциально опасны для легких. Все естественные минеральные изделия должны быть без асбеста.

Все пластмассовые изоляционные материалы выделяют огнеопасные газы типа стирола, а при горении — и ядовитые газы.

Поэтому они должны иметь негорючее покрытие. Желательно не использовать их во внутренних помещениях.

#### **4.4. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ, КРОВЛИ И ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКИ**

*Материалы для наружной облицовки и кровли* должны иметь большой срок эксплуатации, быть пригодными для повторного использования и соответствовать климату. От них существенно зависят долговечность и экологичность зданий. Ресурсоэффективные варианты:

различные типы черепицы, композитные плитки и панели, сделанные из разнообразных армированных волокном цементных изделий (некоторые покрыты пластмассами, эмалью или металлом). Они долговечны, иногда содержат переработанные отходы, но обычно не пригодны для повторного использования;

металлические панели из гальванизированной стали, эмалированного или анодированного алюминия. Они эффективны для крыш и наружной облицовки, имеют низкую материалоемкость, долговечны и пригодны для повторного использования;

штукатурка — ресурсоэффективный и долговечный отделочный материал, если защищен от влаги и повреждения морозом. Акриловая штукатурка имеет более тонкие слои и может использоваться для нанесения внешнего слоя, повышая теплоизоляцию.

*Материалы для внутренней отделки* оказывают наибольшее влияние на сокращение загрязнения воздуха внутри помещений. Их выбор также важен с точки зрения экономии ресурсов, потому что внутренняя отделка требует регулярной замены в течение жизни здания.

Гипсовые изделия для внутренней отделки отличаются простотой установки, стойкостью против пожара и низкой ценой. Гипс может быть легко переработан в целях минимизации отходов. Ресурсоэффективный вариант: гипсовые изделия с добавкой 10... 15 % переработанного гипса. Гипс пригоден для повторного использования, если не загрязнен краской или клеем. Бумажное покрытие может быть сделано из переработанной бумаги.

Гипсовые изделия — незначительные источники внутренних загрязнений, хотя наружная бумага и клей могут выделять загрязняющие вещества. Гипсовые поверхности способны поглощать загрязняющие вещества. В стадии строительства главные экологические проблемы связаны с применением клеев, креплений, краски и уплотнителей.

Деревянные или пластмассовые панели с использованием переработанного материала, уплотнители и крепления, применяемые при их изготовлении и установке, могут быть ис-

точниками внутреннего загрязнения воздуха. Ресурсоэффективные варианты:

оргалит — долговечный материал, сделанный из древесных волокон, которые сжаты и нагреты при формировании панели. Никакой клей обычно не нужен, потому что естественный лигнин в древесине связывает волокна. Панели должны быть многократного использования, если в конструкции предусмотрено их более позднее удаление;

древесно-стружечные плиты и фибролит средней плотности, сделанные из опилок, волокон и связанные клеем. Могут содержать низкосортную древесину и отходы лесопиления, не выделяют большого количества загрязняющих веществ;

фибролит малой плотности, сделанный из бумажного и древесного волокна. Некоторые виды на 100 % состоят из переработанной газетной бумаги и при этом не содержат никакого клея. Фибролит используют в качестве акустических панелей, подкладок и т. п. Он может быть переработан;

деревянные панели, покрытые ориентированной древесиной твердых пород. Применяются для отделки интерьера, в качестве столярных изделий. Если в конструкции предусмотрено их легкое удаление, они пригодны для повторного использования;

переработанные пластмассовые панели, сделанные от отходов. Применяются в качестве перегородок туалетов, пригодны для повторного использования;

пластмассы на базе растительного масла. Могут быть окрашены и заполнены отходами. Если в конструкции предусмотрено их легкое удаление, они пригодны для повторного использования;

цементно-волокнистые изделия, сделанные с использованием переработанного волокна. Долговечны и могут использоваться для декоративной отделки. Если предусмотрено их легкое удаление, они пригодны для повторного использования.

Деревянные изделия, сделанные на клею (фенолформальдегид), имеют низкую эмиссию.

Плитки для потолка — самый распространенный материал для отделки потолков в зданиях. Из-за большого объема их использования важно оценить их влияние на параметры эффективности ресурса и качества внутреннего воздуха.

Потолочные плитки обычно делают из минеральных волокон с добавлением глины или гипса (для огнестойкости) и минимального количества растительных волокон, после изготовления окрашивают. Большинство плиток для потолка содержит существенное количество переработанных материалов. Допускается их многократное использование даже при наличии окраски и после многолетней эксплуатации. Потолочные плитки собирают пыль и адсорбируют запахи. Плитки, содержащие минеральные волокна, могут начать терять их при нарушении поверхности или старении.

При строительстве или реконструкции здания нужно устанавливать специальные трубы в системах отопления, кондиционирования и вентиляции для создания области небольшого повышенного давления во избежание загрязнения мусором подвесных потолков. Старые потолочные плитки могут содержать опасные материалы (асбест, вредные краски).

Ресурсоэффективный вариант: панели для облицовки потолка, пригодные для разделения и неконструктивного использования. Хотя такие панели, как правило, стоят больше, чем легкая сталь и гипсовые панели, они могут многократно использоваться и позволяют производить быструю замену с минимальным разрушением. Они имеют много компонентов, которые могут быть переработаны после прекращения эксплуатации панелей.

При использовании ламинированных материалов для покрытия большой поверхности затраты относительно невелики. Ресурсоэффективным вариантом являются ламинированные материалы с пониженным содержанием отходов.

Поскольку пыль от ламинированных материалов и эмиссия от клеев, используемых для установки плит, бывают весьма существенными, часть работы должна по возможности выполняться вне помещения. Если же такой возможности нет, нужно предусмотреть меры по уменьшению эмиссии клея и пыли.

Керамика и мозаика — самые долговечные отделочные материалы, имеющие к тому же чрезвычайно низкую эмиссию. Они не адсорбируют запахи, легко очищаются, имеют высокий коэффициент трения и хорошо сопротивляются износу. Хотя стоимость их изготовления и установки высока, стоимость их цикла жизни — одна из наиболее низких среди всех видов отделочных материалов, поскольку они долговечны и требуют минимального обслуживания. На степень загрязнения воздуха при использовании керамики и мозаики влияют метод установки, применяемые жидкий раствор и виды изоляции.

Ресурсоэффективные варианты:

местные керамические материалы, требующие меньших затрат на транспортировку;

плитки с добавлением переработанных материалов (до 70 %) типа отходов стекла и некоторых отходов горной промышленности;

мозаика, сделанная на цементе с дробленным камнем.

Среди модифицированных растворов самыми безопасными и при этом весьма высококачественными являются цементные растворы, модифицируемые акриловыми добавками. Цементные растворы и растворы на основе целлюлозы имеют низкую эмиссию. Только модифицированный эпоксидной смолой жидкий раствор (для применения во влажных средах) содержит опасные компоненты. Глазурованная и метлахская плитки обычно не

требуют уплотнений. Пористую плитку безопасно крепить с помощью акрилового или воднодисперсионного клея типа силикона, не содержащих летучих веществ. Крепления, содержащие опасные растворители, загрязняют внутренний воздух.

Деревянный пол очень экологичен. На качество воздуха влияют методы его установки и отделки. Ресурсоэффективные варианты:

рециклированный деревянный пол из древесины твердых пород. Используется высококачественный материал, имеющий низкую стоимость, однако установка более дорога, чем при новом материале, потому что требуется дополнительная рабочая сила для отделки и полировки. Вторичный (повторно используемый) пол также требует повторной полировки;

широкий диапазон облицованных и слоистых изделий, в том числе с фанерой. Они менее пригодны для ремонта, чем твердая древесина;

древесина для внутренних работ — дуба, клена, березы и импортируемых разновидностей, например австралийского эвкалипта и скандинавского бука;

системы легко разбирающихся полов (например, система «плавающего пола» с использованием склеивания краев). Система соединения на нагелях также пригодна для разборки, но с некоторой потерей материала. Система соединения на клею, вероятно, наименее пригодна для разборки, но требуется для паркета.

Для пола из заранее изготовленных промежуточных изделий не требуется шлифование. Если шлифование проводится в помещении, область шлифования должна быть тщательно изолирована. После его выполнения рекомендуется заключительная уборка с использованием быстродействующего высокоэффективного вакуум-фильтра воздуха. Для окончательной отделки можно применять вододисперсионный полиуретан с малым содержанием летучих веществ, потому что он имеет самую низкую эмиссию. У различных масел, лаков с растворителями длительная эмиссия загрязнителей. Если требуется склеивание краев, применим обычный плотничный клей, обладающий низкой токсичностью.

Эластичный пол, для которого применяются линолеум, винил, каучук, пробка, характеризуется легким обслуживанием. Некоторые типы используемых для его изготовления материалов долговечны. Часть материалов могут быть возобновляемыми и с переработанным содержанием.

Ресурсоэффективные варианты:

отличающийся долговечностью линолеум со многими возобновляемыми компонентами (льняное масло, пробка, деревянная пыль, джут), изделия из пробки;

переработанная резиновая плитка и сделанные из выброшенных шин листы для площадей с интенсивным движением.

Эластичные изделия для пола отличаются небольшой эмиссией загрязнителей, как и изделия для обслуживания пола. Полы с защищенными поверхностями требуют меньших затрат на обслуживание.

Ковры и подстилки являются потенциальными источниками загрязнителей. Для них характерны высокий уровень использования и частые замены в течение периода эксплуатации здания. В настоящее время изготавливают ковры и подстилки с переработанным содержимым, более низкими потенциалом загрязнения и требованиями к обслуживанию.

Ресурсоэффективные варианты:

полиэстер и смешанные (из смеси материалов) ковры с нейлоном и переработанным содержимым — полиэтиленовой тарой для напитков;

высокоплотные шерстяные ковры — возобновляемый материал с повышенной огнестойкостью и долговечностью;

плиточные и рулонные ковры, которые могут быть легко удалены и заменены в период реконструкции;

ковры из волокна типа нейлона, обладающие высоким уровнем пригодности к переработке. Ковры, сделанные из меньшего количества материалов, требуют меньших затрат на рециркуляцию.

Основы ковра обычно выполняются из губки, каучука или тканых и нетканых текстильных волокон. Резиновая основа из переработанных шин ресурсоэффективна, является плотной и долговечной. Может также применяться волокнистая основа из переработанного синтетического и естественного волокна (текстильных отходов).

Синтетический латекс — источник загрязнения воздуха, раздражитель, вызывающий синдром «больного здания». Один из методов укладки ковров с низкой эмиссией состоит в том, чтобы устранить латексное соединение. Эмиссия ковров изменяется в широких пределах. Новые вентилируемые ковры рекомендуются как мера сокращения загрязнений, но степень их эффективности еще изучается. Они могут способствовать незначительному уменьшению краткосрочной эмиссии летучих веществ и адсорбции запахов в период производства и хранения.

Чистый (отделанный) бетонный пол может быть выполнен монолитным или из штучных плит с добавлением красителя и покрытия. На монолитном бетоне обычно отпечатывают плитки и линии сетки, чтобы облегчить разборку и улучшить внешний вид. Такой пол имеет длительный срок службы и по ресурсоэффективности соответствует полам из плитки или мозаики. Полы с введением в бетон минерального красителя не требуют покраски. Они более долговечны по сравнению с обычными бетонными полами, окрашиваемыми после укладки. Долговечность может быть повышена за счет надлежащей изоляции.

Эмиссия от готового бетона низка. Главными источниками загрязнений являются покрытия. Наиболее безопасны воднодисперсионные акриловые покрытия, содержащие низколетучие компоненты.

#### **4.5. КРАСКИ, МЕБЕЛЬ**

Краска является сильным источником внутреннего загрязнения воздуха. Эмиссия летучих веществ от краски кратковременна, она заметна в течение нескольких дней или недель. Самая ядовитая часть эмиссии — от испаряющихся растворителей и разнообразных летучих веществ. Эти летучие вещества выделяются как растворителями, так и красками на основе воды. Около 12 % красок на основе воды могут быть с растворителями. В настоящее время есть краски для внутренней отделки, содержащие малое количество ядовитых растворителей.

Ресурсоэффективным вариантом являются переработанные краски, получаемые смешиванием новых красок с рециклируемыми. Они имеют хорошее качество, подходят для использования в интерьере, однако их цветовой диапазон весьма ограничен.

Следует избегать красок, содержащих свинец, ртуть, шестивалентный хром и кадмий. Нужно выбирать краски с наименьшей эмиссией летучих веществ, если они удовлетворяют другим критериям. Многие такие краски представляют собой воднодисперсионные акриловые и латексные изделия.

Мебель, обстановка дома — важный фактор, влияющий на качество внутреннего воздуха (внутренней среды). Самый ресурсоэффективный вариант — восстановление любой мебели хорошего качества. Сталь, стекло и дерево, входящие в состав мебели, имеют существенные ресурсоэффективность и потенциал рециркуляции, у них минимальный потенциал загрязнения. Для мебели довольно часто используется ценная древесина красных тропических деревьев, тика, черного дерева, добыча которой может способствовать деградации лесов. Некоторые добросовестные изготовители мебели предлагают взамен этой древесины, древесину более экологически и экономически устойчивых пород. Специально обработанные и окрашенные элементы из древесины северных деревьев позволяют создать красивые и уникальные деревянные отделки.

Главные источники загрязнения воздуха в мебели — соединения на клею, мягкие пластмассы, ткани и элементы отделки. Тканые покрытия, наполнители в виде пены и покрытые тканью акустические панели являются сборщиками пыли, адсорбируют запахи. Их надо регулярно чистить, чтобы минимизировать загрязнения. Металлические покрытия и деревянная отделка мебели —

хорошие экологические решения. Сухие порошковые полимеры на металле, плавящиеся при высокой температуре, могут служить заменой краске и покрытиям металлом. Они более прочны, чем краска, и могут конкурировать с металлическими покрытиями по долговечности.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Каковы показатели экологичности строительных материалов? Есть ли полностью экологичные материалы?
2. В чем заключается оценка цикла жизни здания? С какой целью оценивают цикл жизни и его стоимость?
3. Как строительные материалы влияют на качество внутренней среды?
4. Почему древесина является наиболее экологичным материалом?
5. Каковы экологические характеристики бетона как наиболее распространенного строительного материала?
6. Сопоставьте экологичность стальных и деревянных конструкций зданий.
7. Каков порядок выбора наиболее экологичного строительного материала?
8. Как влияет энергоемкость строительных материалов на их экологичность?
9. В чем заключаются экологические преимущества каменной кладки?
10. Назовите самые лучшие материалы для тепло- и гидроизоляции.
11. Как связаны экологичность материалов и возможность их возврата в строительный цикл после окончания срока эксплуатации здания?

### **5.1. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ**

Экологизация территории (участка) расположения здания органично связана с экологизацией здания. Оба мероприятия существенно влияют на улучшение качества городской среды. Территория будущего строительства может быть свободна или занята ранее возведенными сооружениями, поэтому существуют различные варианты определения места расположения здания: выбор нового участка и места расположения здания; выбор места возведения здания на существующем участке; реконструкция существующего здания с заданным участком прилегающей территории. В условиях дефицита свободных ровных территорий, их высокой ценности для другого использования (природного, рекреационного, заповедного, сельскохозяйственного) территория строительства может быть неудобной для традиционного освоения, участок может иметь сложный рельеф (архитектурно выразительные здания зачастую характерны именно для такого рельефа). Даже экологически неблагоприятные территории могут быть освоены в целях их комплексной экологизации.

Размеры строительной площадки зависят от места строительства (город, пригород, сельская местность), наличия свободных территорий, стоимости земли и других факторов. При строительстве на новом участке необходимо обеспечить экологически обоснованное освоение площадки, в том числе обоснованный выбор места расположения здания, учет особенностей гидрогеологических, геологических, климатических, топографических условий, местной флоры и фауны. Необходимы совместный анализ проекта и технологий строительства, интеграция внешней и внутренней сред, рассмотрение различных вариантов участка и здания в целях достижения лучшей среды жизни, большего комфорта и экологически приемлемой эксплуатации. Методы строительства должны минимизировать разрушение участка и расход финансовых и строительных ресурсов.

При планировании участка оценивают местный ландшафт, чтобы определить направления его использования, затем отмечают на

плане территории, наиболее подходящие для эксплуатации. Любое изменение ландшафта и пейзажа должно быть проанализировано с точки зрения геологических, гидрологических, топографических, экологических, климатологических и культурных особенностей.

Экологизация участка для строительства начинается с определения степени использования природных ресурсов и нарушения существующих естественных систем, которые будут поддерживать эксплуатацию здания. Наиболее экологически чистое использование — это то использование, которое минимально нарушает ландшафт (рис. 5.1). В проекте должны быть рассмотрены вопросы расположения здания с учетом существующей застройки, возможности использовать существующие сети обслуживания. Это может минимизировать разрушение участка и облегчить ремонт и осмотр здания. Конструкция здания и его технологические системы влияют на специфические требования к участку и связанные с этим экологические воздействия. Нужно проанализировать характеристики здания, его размещение на участке, чтобы определить системы дренажа, циркуляции воздуха, ландшафтный дизайн и другие особенности развития участка.

Цель анализа и оценки участка в том, чтобы разделить его на основные части, выделить области и системы, требующие защиты, и локальные факторы вне участка (движение транспорта, загрязнения, шум и т. п.), которые могут требовать уменьшения. В процессе оценки участка исследуют данные, собранные и установленные при анализе участка, назначают факторы участка (т. е. его параметры, характеристики) по иерархии и степени важности и выявляют, где возможно, взаимосвязанные факторы.

Эта оценка помогает провести более детальный анализ почв и их свойств, типов растительности и их распределения, уклонов и условий ориентации отдельных территорий и т. д. Можно сравнить



Рис. 5.1. Здание на опорах, минимально нарушающее ландшафт

пригодность различных участков для конкретного использования (например, возможность строительства здания на склоне). Результатом анализа и оценки является проект наиболее экологически и физически приемлемого соотношения между участком, зданием и культурным пейзажем.

Технические характеристики участка влияют на проектирование отдельных элементов и здания в целом, в том числе на их форму, объем, материалы, отношение площади наружных стен к объему помещения, ориентацию, возвышение первого этажа над грунтом и т. д. К таким характеристикам относятся:

географическая широта (солнечная высота) и микроклимат (влияют на расположение здания, местоположение входов, окон, направление стока воды и т. д.);

топография и формы ландшафта (влияют на пропорции здания, ветровую нагрузку, типы дренажа, возвышение первого этажа над грунтом и т. д.);

характеристики поверхностного стока и грунтовых вод (влияют на местоположение здания, направление ливневого стока, местоположение водоемов для задержки стока и т. д.);

ветровые нагрузки и перепады давления (влияют на разработку систем внутренней вентиляции, пассивных солнечных систем охлаждения);

структура грунта и его прочностные и деформативные характеристики (влияют на местоположение здания и тип фундамента);

инсоляция (влияет на выбор положения здания с учетом получения максимального объема солнечной энергии, возможность использования пассивного солнечного отопления, дневного освещения, получения электрической энергии);

годовые и дневные схемы движения воздуха (влияют на местоположение здания, позволяют определить необходимость возведения дополнительных конструкций, новых насаждений, чтобы создать, например, преграды холодному влажному воздуху или не блокировать благоприятные охлаждающие бризы в жаркие дни);

устойчивость почвенного покрова (определяет сопротивление участка ветровой и водной эрозии, разрушению его машинами);

форма участка и доступ к нему (обуславливают пригодность территории для предполагаемого освоения);

развитие соседних участков и их будущие изменения (определяют необходимость корректировки предложенного проекта).

Вначале анализируют характеристики климатических зон (жаркий и влажный, засушливый, умеренный, холодный климат), определяют, какие параметры будут требовать уменьшения или, наоборот, увеличения при эксплуатации здания. Климатическая зона влияет на расположение и метод строительства зданий.

Затем рассматривают качество воздуха на участке строительства. Для этого необходимы два вида анализа: оценка существую-

щего качества воздуха на участке (присутствие вредных веществ, макрочастиц и т. д.) и прогноз отрицательных воздействий намечаемого строительства и эксплуатации здания на качество воздуха, а также определение путей их снижения. Качество воздуха — ключевой фактор для установления пригодности участка к использованию прежде всего в промышленных районах. При анализе нужно учитывать сезонные или дневные потоки ветра, чтобы достоверность полученных результатов не вызывала сомнений. Определять наличие химических и механических загрязнений воздуха должны аттестованные лаборатории.

Следующим шагом является исследование грунта и грунтовых вод для установления пригодности участка и определения методов строительства, минимизирующих загрязнения. Выявляют наличие в грунтах загрязнений от прошлой эксплуатации (тяжелые металлы, канцерогенные вещества, углеводороды, мышьяк, пестициды и др.), исследуют загрязнения грунтовых вод, а на территориях, где в основании расположены скальные грунты, анализируют возможность выделения радона. Испытывают пригодность грунта для засыпки выемок, выравнивания склонов, определяют его способность к уплотнению, нормы инфильтрации, структурную пригодность и лучший метод механического уплотнения (например, глинистые грунты требуют невибрирующего уплотнения и стойких к эрозии углов наклона склонов).

В ходе анализа оценивают экосистему участка с точки зрения обеспечения сохранения заболоченных земель и безопасности флоры и фауны. Кроме мероприятий, ограничивающих удаление растительного покрова, изменение дренажа и уменьшение ливневого стока, должны быть предусмотрены меры, направленные на сохранение местных растений и животных.

В целях защиты от возможных опасных природных воздействий (сильных ветров, наводнений, оползней, селей, карстов и др.) схемы этих воздействий указывают на плане. Туда же заносят данные о случившихся наводнениях, повреждениях от ветра, землетрясениях и др. Важно проанализировать, какова вероятность опасных воздействий в ближайшем будущем. В результате такого анализа могут быть внесены изменения в проект здания. При особых инженерно-геологических условиях (наличие слабых грунтов, заболоченных территорий, оползней, карстов и др.) могут потребоваться специальные методы строительства. На плане участка и прилегающих к нему территорий отмечают также существующие пешеходные и транспортные пути и стоянки, которые будут влиять на проект.

При разработке проекта необходим учет культурных и исторических особенностей территории, на которой намечается строительство, а также преобладающего в регионе архитектурного стиля. Несоблюдение этих требований не позволит органично вклю-

чить новое здание в историческую застройку, создать архитектурный ансамбль, сохранить культурное наследие.

Проект освоения территории должен учитывать топографические и гидрологические воздействия: эрозию, заиливание, загрязнение воды. Для их оценки можно, например, измерить площадь покрытия участка непроницаемыми поверхностями, чтобы определить вероятность загрязнения поверхностного стока (при непроницаемом покрытии более 20 % участка требуется очистка ливневых стоков до их поступления в систему дренажа вне участка). Можно разработать две-три альтернативные концепции проекта, чтобы минимизировать затраты ресурсов и разрушение территории.

Выбранные на основе всестороннего анализа и оценки схемы нужно отразить на плане. Главная цель при этом должна состоять в том, чтобы минимизировать потребление ресурсов в течение строительства и эксплуатации при одновременном соблюдении экологических требований и обеспечении высокого качества среды жизни. Надо учитывать, что начальные расходы на восстановление нарушенных территорий могут быть высоки.

Для поддержки экологической стратегии освоения участка используются следующие методы:

- минимизация длины сетей и площади складов. Нужно минимизировать длину дорог, водопроводных, канализационных, электрических и газовых сетей, территорию для складирования строительных материалов;

- снижение длины транспортных путей. С помощью архитектурно-строительных мероприятий нужно поощрять экологически допустимое пользование индивидуальным транспортом, всячески способствовать применению велосипедов, позволяющему сократить площадь стоянок. Нужно максимально использовать существующие транспортные сети, чтобы минимизировать потребности в новой транспортной инфраструктуре. Наряду с этим следует развивать телекоммуникационные сети, что может уменьшить потребность в поездках;

- создание зеленых коридоров, соединяющих культурные и естественные ландшафты;

- создание санитарно-технических коридоров, объединяющих различные сети в целях удобства их обслуживания и сокращения затрат. Такие коридоры можно размещать на нарушенных территориях, совмещать с новыми дорогами или прогулочными дорожками, чтобы минимизировать разработку грунта и гарантировать простоту доступа для ремонта.

Солнечная энергия, энергия воздушных потоков и воды, температура грунта могут использоваться для отопления здания зимой и охлаждения его летом.

Регулирование высоты, густоты посадки, видов деревьев, устройство прудов и других водных объектов, чередование открытых

лужаек и деревьев, введение культурных ландшафтов и озелененных инженерных сооружений (бассейнов, фонтанов, беседок, цветников, розариев, подпорных стен, шумозащитных стен, зеленых изгородей и др.) может помочь регулированию потоков воздуха, созданию необходимой тени или охлаждению территории суммарным испарением.

Устойчивые методы строительства должны гарантировать, что будут исключены ненужное разрушение участка (например, не будет чрезмерной разработки грунта, уничтожения растительности и рельефа, расчистки) и деградация ресурсов (например, заиливание водных потоков, загрязнение грунтовых вод, снижение качества воздуха). Важнейшими факторами стратегии проектирования участка должны быть минимизация разрушения ландшафта, исключение разрушения участка и его очистка от строительных загрязнений в конце проведения работ. Очень важно при освоении участка решить проблемы сохранения качества воды.

Каждая непроницаемая поверхность отклоняет дождевую воду от путей ее естественного стока в грунте к растениям, к глубинной грунтовой воде. Дождевая вода концентрируется ниже по течению потока, разрушая грунт. С ней в грунт поступают нефть и масла от мест стоянки и обслуживания автомобилей, соли, используемые для борьбы с обледенением дорог, различные строительные отходы, гербициды, пестициды и питательные вещества для культурных ландшафтов. Эти вещества могут загрязнить подземные воды и уничтожить живую природу в почве. Загрязнители абсорбируются, проникая в пористую, богатую перегноем почву.

Одним из природоохранных мероприятий является минимизация площади автомобильных дорог и тротуаров, позволяющая сохранить естественные зеленые территории. В этом плане можно рекомендовать следующие методы устойчивого строительства:

- концентрация путей передвижения;
- отдельные места стоянки для местных и транзитных автомобилей, чтобы разделить транзитные и тупиковые дороги;
- устройство водопроницаемых озеленяемых покрытий стоянок;
- исключение бордюров.

Доказана экологическая эффективность пористых (проницаемых) материалов для мощения типа дырчатых плит, плит с широкими стыками, пористого асфальта, пористого бетона (рис. 5.2). Они обеспечивают поддержание и восстановление естественного круговорота веществ на участке. Водопроницаемые материалы для мощения могут использоваться для большинства поверхностей. Непроницаемые тротуары должны оставаться только в местах, где необходимо предотвращать попадание воды в грунт (пучинистые или искусственные почвы, крутые склоны).

По сравнению с непроницаемым асфальтом, пористый асфальт лучше высыхает, имеет лучшие сцепление и видимость во влаж-

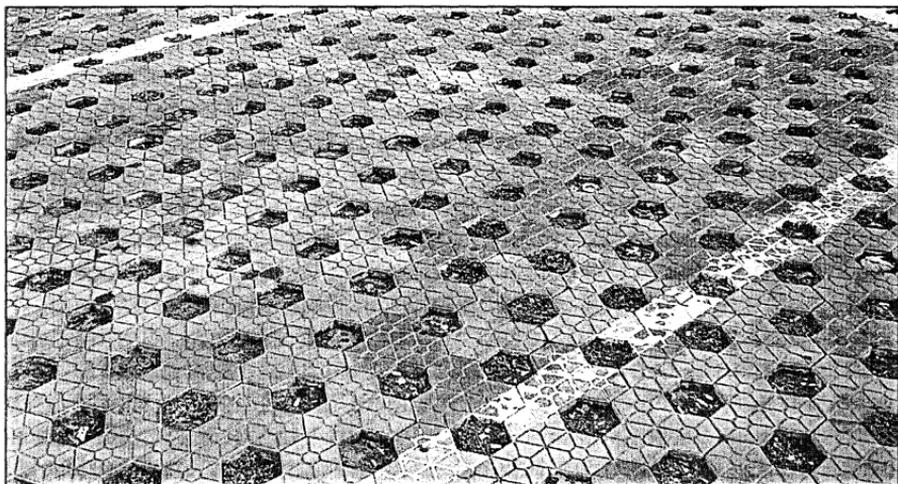


Рис. 5.2. Проницаемое покрытие из штучных материалов с озеленяемыми проемами

ных условиях, меньше отражает яркий свет и порождает меньше транспортного шума. Пористый поверхностный слой имеет открытую структуру с пустотами между крупными твердыми частицами, не заполненными мелкими частицами.

Экологичное освоение строительной площадки предполагает решение проблем концентрированного поверхностного стока. В начале проектирования участка нужно проанализировать стоки от здания и от естественных осадков. Рекомендуется отделить водосточные трубы и ливневые коллекторы от санитарных коллекторов. Концентрированный поверхностный сток от крыш и непроницаемых тротуаров нужно сдерживать и, по возможности, направлять к естественным путям в почве (или собирать для повторного использования). Для этого можно создать каналы, водоемы, дренажные бассейны, чтобы направлять сток к области естественного дренажа.

Когда поверхностный сток направлен по покрытой растительностью естественной пористой почве, его объем и скорость уменьшаются, а загрязнители фильтруются. По сравнению с закрытыми системами эта открытая система дренажа увеличивает растительное разнообразие, уменьшает потребность в поливной воде, снижает скорость дренажа и эрозию.

Для улучшения состояния почвы ее рекомендуется стабилизировать. Выравнивание дерном и эрозионный контроль, биоинженерия с использованием быстро укореняющихся растений эффективны там, где существующие пути стока непостоянны или где может возникнуть опасность эрозии. В ходе проектирования необходим углубленный анализ почвы и способов ее улучшения. По-

чва — незаменимый природный ресурс. Удаленная или погибшая при строительстве, она может потребовать десятилетия (в некоторых регионах — значительно больше) для восстановления. Поэтому характеристики почвы должны сохраняться и защищаться в течение проектирования, в ходе строительства и после него.

Плодородный верхний слой почвы не только поддерживает жизнь растений, но и служит фильтром для воды, нейтрализует или связывает множество воздушных и водных загрязнителей. Верхний слой почвы состоит из двух частей: минеральной (песок, ил, глина в изменяющихся соотношениях) и органической (распадающиеся органические остатки растений и животных, т.е. перегной). Указанные органические материалы перерабатываются микро- и макроскопическими организмами, живущими в почве и существенно влияющими на ее плодородие. Почвы различаются по способности к фильтрации, содержанию питательных веществ и перегноя, водородному показателю (рН) и солености. Они могут быть загрязнены или, в редких случаях, ядовиты. Каждый аспект качества почв может влиять на растения, животных и человека.

Характеристики почвы улучшают за счет добавок. Добавки могут включать в себя песок или гравий для лучшего дренажа, известь и другие рН-модификаторы, органические удобрения и химикалии для улучшения питательной пригодности. Перегной и новые суперпитывающие материалы используют для увеличения способности почвы впитывать воду (водной вместимости). В некоторых случаях внесение добавки может потребовать вспахивания или ирригационных мероприятий.

В период строительства нужно защищать почву. Почва, уплотненная или загрязненная при строительстве, может стать безжизненной. Если разработка грунта неизбежна, нужно тщательно удалить верхний слой почвы и проанализировать его качество. В зависимости от результатов испытаний лучшие верхние 10... 15 см почвы обычно запа�ают. Сохранению почвенно-растительного слоя способствует надземное (на опорах) (рис. 5.3) и полуподземное строительство. При строительстве нужно мини-



Рис. 5.3. Сохраняющее почвенно-растительный слой надземное здание (Москва)

мизировать движение тяжелого оборудования по территориям с естественной почвой, ограничить проезд по ним всех механизмов и машин, включая частный транспорт. Если уплотнение почвы неизбежно (в связи с устройством подъездных путей для строительства), нужно предусмотреть ее восстановление посредством вспахивания и введения добавок после завершения строительных работ. Крутые участки нужно осваивать с использованием подпорных стен и террасирования.

Для минимизации поверхностного стока лучше не делать бордюры, который обрамляет тротуар, поскольку он концентрирует поверхностный сток, увеличивая опасность эрозии и обводнения. С этой точки зрения пористые желоба и дороги без бордюров более полезны.

Конструкция, тип и цвет тротуара влияют на его способность рассеивать или, наоборот, концентрировать солнечную энергию соответственно понижая или повышая температуру окружающей среды. Этот фактор особенно важен в местах с жарким или холодным климатом.

Экологичный выбор материалов, используемых при строительстве (см. гл. 4), может уменьшить потребление энергии и отходы. Многие экологические эффекты от использования материалов являются косвенными.

Можно снизить затраты материалов благодаря правильным проектировочным решениям. Например, выполнив соответствующим образом проходы или продуманно сориентировав здание, можно избежать необходимости устройства дорогостоящей подпорной стены.

Схема освещения участка в процессе строительства должна быть тщательно проработана, чтобы избежать ненужных затрат. В качестве источников энергии можно использовать солнечные батареи. Нужно освещать только необходимые участки в течение минимально потребного времени. Для автоматического включения и выключения освещения в соответствующее время могут использоваться таймеры и фотоэлементы.

Процесс возведения здания может оказывать существенное воздействие на экологическое состояние территории. Экологичные методы строительства снижают нарушение почвы, количество отходов, затраты природных ресурсов, минимизируют загрязнение внутреннего воздуха в готовом здании. В дополнение к экологическим выгодам эти методы могут уменьшить строительные затраты благодаря снижению расходов на восстановление участка после завершения работы. Например, сохранение деревьев или геологических особенностей территории может уменьшить потребность в перепланировке ландшафта.

Необходимо решить вопросы, связанные с расчисткой и планировкой участка: как участок должен быть очищен; какова вер-

тикальная планировка; какие могут быть экологические воздействия; как минимизировать нарушение площадей; может ли быть сохранен для повторного использования удаленный верхний слой почвы. Нужно минимизировать сток поверхностной ливневой воды. Система сбора «серой» воды с твердых покрытий здания может снизить поток ливневой воды вне здания. Можно создать локальный водоем, который будет накапливать поверхностную воду и выпускать ее через какое-то время, или установить устройство для задержки воды в здании (резервуар), которое будет медленно выпускать ее в систему дренажа или позволять ей естественно рассеиваться.

Для снижения негативных воздействий процесса строительства на окружающую среду можно использовать искусственные барьеры, предотвращающие перемещение загрязнителей, снижающих уровень шума.

Краски, клеи и герметики имеют самый высокий уровень выделения летучих органических веществ сразу после применения. Некоторые строительные элементы (панели, ткани, ковры, плитки, съемные перегородки) могут действовать как «накопители» этих веществ, поглощая их, а затем медленно выпуская через какое-то время. Проведение работ с использованием красок, клеев и герметиков до установки указанных элементов может уменьшить уровень загрязнения внутренней среды по окончании строительства. Необходимо проветривание здания в процессе применения жидких изделий и клеящих материалов.

## **5.2. ЭКОЛОГИЧНЫЕ ЗДАНИЯ**

Экологичность (биопозитивность) зданий — интегральное понятие, включающее в себя основные требования к природосберегающим и природовосстанавливающим объектам. Оно подразумевает способность зданий органично вписываться в природную среду (в экосистемы), не быть отторгаемыми экосистемами и при этом создавать здоровую и красивую архитектурно-ландшафтную среду городов. Идеальные биопозитивные здания и инженерные сооружения не должны требовать подвода сетей для снабжения ресурсами (электричество, вода, газ, теплота и др.) и удаления отходов (канализация), разрушать или загрязнять природную среду. Более того, они должны быть способны восстанавливать природу, быть приспособленными (биоадаптивными) для существования живой природы на наружных поверхностях зданий и внутри объемов сооружений, экономить ресурсы, не требовать для своего изготовления невозобновляемых ресурсов, не быть преградами на путях потоков веществ и энергии, не выделять не перерабатываемых природной средой загрязнений, создавать высокое каче-

ство жизни. Экологичные здания и инженерные сооружения в городе позволяют «вернуть» природе часть территорий с почвенно-растительным слоем и создать новые дополнительные озелененные площади, а также сократить загрязнения среды. Это может остановить отступление природы под антропогенным давлением. Экологичность — это качество, полезное и для природы, и для жителя поселений.

Экологичность города и его сооружений по отношению к природе подразумевает:

сохранение существенной части природы в естественном состоянии;

поддержку природной флоры и фауны;

устойчивое состояние культурных природных ландшафтов;

незагрязнение природной среды;

устойчивое потребление ресурсов;

поддержку состояния экологического равновесия, гомеостаза и прекращение отступления природы под антропогенным давлением.

Экологичность города и его архитектурно-ландшафтной среды по отношению к жителям подразумевает:

создание для жителей здоровой городской среды, исключение действия новых нежелательных физических полей;

высокую степень удовлетворения широкого круга позитивных потребностей;

сенсорную экологичность (восприятие здоровой и красивой городской среды органами чувств — зрением, слухом, обонянием);

наличие чистого атмосферного воздуха и качественной питьевой воды;

экологическое воспитание красивой и здоровой средой.

Для экологизации зданий могут использоваться следующие архитектурные и технологические решения:

надземно-подземное здание, поднятое над землей на высоту одного-двух этажей в целях сохранения почвенно-растительного слоя и озеленения, имеющее развитую подземную часть, в том числе для устройства автостоянок;

решения, удовлетворяющие требованиям сенсорной экологичности;

наружные стены с повышенной теплозащитой и минимумом оконных проемов со стороны действия холодных зимних ветров;

зимний сад, примыкающий к южной стороне здания;

системы пассивного солнечного отопления и охлаждения;

гелиоколлекторы на кровле для получения горячей воды;

солнечные батареи на кровле и на ограждениях лоджий;

система геотермального отопления;

раздельная (двойная) система канализации, включающая в себя систему накопления «серой» воды с кровли и из ванн, и сеть

«черной» воды; возможен отдельный сбор фекалий (для использования в метантенках в целях получения биогаза) и мочи (как источника удобрений);

вертикальное и горизонтальное озеленение здания (стен и кровли), скворечники для мелких птиц;

аккумулятор тепловой энергии в подвале;

системы естественной вентиляции, охлаждения;

система ввода дополнительного дневного света в здание;

система утилизации внутреннего тепла; «дышащие» окна;

тепловые насосы в системах отопления, проветривания и кондиционирования в целях утилизации тепловой энергии;

низкоскоростные ветроагрегаты;

интеллектуальные системы внутри и снаружи дома.

Одной из проблем экологичности города и его архитектурно-ландшафтной среды является сенсорная экологичность, в первую очередь визуальная. Эта проблема требует изучения, в то же время известны некоторые методы ее решения. Одним из способов достижения визуальной экологичности является широкое применение пространственных конструкций как наиболее близких по форме к природным конструкциям и масштабных (соизмеримых) компонентам ландшафта (прежде всего деревьям). Пространственные конструкции относятся к наиболее визуально приятным конструкциям, к тому же они экологичны и вследствие минимального расхода материалов.

При рассмотрении вопросов экологизации нужно учитывать следующие факторы:

для природы характерно многообразие разных по продуктивности ландшафтов, являющихся органичной частью экосистем. Возможно, что и для урбанизированных территорий существуют нормы высокопродуктивных и малопродуктивных территорий, экологичных и менее экологичных поверхностей и объемов зданий и сооружений;

в настоящее время характерными тенденциями являются увеличение этажности зданий, рост городов и слияние их в урбоарёалы, поэтому необходимы меры по экологизации как высотных зданий, так и больших урбоарёалов;

существуют ландшафты, в которых проблемы экологизации поселений носят особый характер (малопродуктивные ландшафты с бедной и угнетенной растительностью, с преобладанием отрицательных температур, долгой зимой и коротким летом или пустыни). Для таких ландшафтов многие способы строительства неприменимы. Например, в пустынях недопустимо создание больших городов.

Проблемы экологизации зданий, сооружений, кварталов, районов, городов и стран исключительно сложны, комплексны и взаимосвязаны. Существуют более простые, «поверхностные»,

приемы экологизации и более сложные, «глубинные», методы, требующие исследований и разработок. Полная биопозитивность зданий и инженерных сооружений в настоящее время практически недостижима.

Идеальное биопозитивное здание будущего — это «умное» негэнтропийное здание, не вносящее дезорганизацию в окружающую среду для обеспечения своего существования. По уровню взаимодействия с природой это здание напоминает первобытную хижину из листьев и веток, однако создает очень высокое качество среды для жителей. Ряд более простых экологических требований может быть выполнен и в современных зданиях. Одно из первых выполнимых условий биопозитивности зданий и сооружений — создание возможности существования и роста растений на их поверхностях (рис. 5.4).

Растения, закрепленные на вертикальных, горизонтальных и наклонных поверхностях, улучшают состав воздуха и воды, очищают их от загрязнений, улучшают микроклимат, создают биомассу, обеспечивают существование микроорганизмов, создают звуко- и теплозащиту, улучшают внешний вид сооружений, их визуальное восприятие. Для этого рекомендуются: внешнее озеленение вьющимися растениями, закрепленными, например, в проемах декоративных керамических выступов; использование сети внутренних керамических каналов, заканчивающихся на поверхности стены керамическими чашами, в которые высаживают растения (в этом случае корни растений по каналам получают влагу из грунта). Для укоренения растений в отмытке устраивают проемы с открытым грунтом. Грунтовые каналы в стенах должны контактировать с естественным грунтом.

Грунтозаполненные конструкции зданий и инженерных сооружений — известное решение, но в случае биопозитивных зданий этот грунт служит также для укоренения и роста растений, поэтому он должен быть почвенно-растительным и иметь открытые поверхности. На стенах эти поверхности можно выполнить с помощью декоративных чаш. Внутри стен грунт не должен слеживаться, уплотняться и уменьшаться в объеме. Для этого целесообразно устраивать (с небольшим шагом по высоте) горизонтальные синтетические сетки, поддерживающие небольшие объемы грунта, а для рыхления грунта и постоянного поддержания его хороших свойств использовать вермикультуру (культивирование специального дождевого червя, эффективно перерабатывающего биоорганику в гумус). Сплошной зеленый ковер на стене существенно улучшает микроклимат внутри помещения, так как служит дополнительной теплоизоляцией (затраты на отопление снижаются до 15 %), улавливает загрязнения и снижает поступающий извне шум, вырабатывает кислород и полезные фитонциды.

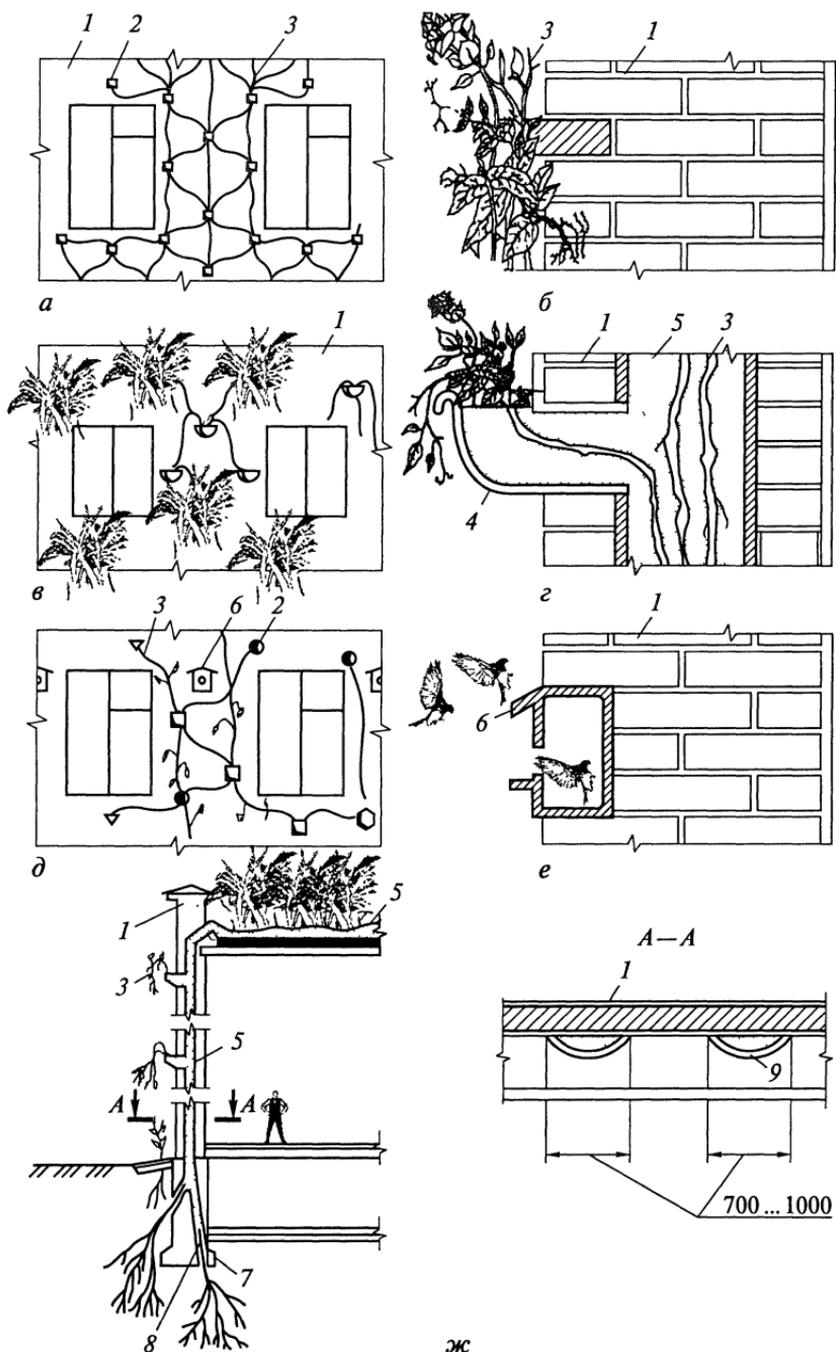


Рис. 5.4. Озеленяемые стены:

*a, б* — с наружным озеленением; *в — ж* — с внутренними объемами для высаживания растений; *1* — стена; *2* — крепление; *3* — растения; *4* — лоток; *5* — грунт; *6* — скворечник; *7* — фундамент; *8, 9* — проемы соответственно в фундаменте и отмостке

ж

Можно создать условия для существования мелких птиц на озелененной поверхности зданий, которая должна быть подобна природному субстрату (почва, кора деревьев, природные камни и др.). В конструкциях выполняют укрытия среди озелененных поверхностей для мелких и средних птиц, летучих мышей и др. Керамические скворечники для мелких птиц размещают между озеленяемыми чашами. В берегоукрепительных сооружениях в зоне, соприкасающейся с водой, устраивают большие поверхности субстрата, удобные для крепления обрастаний, и объемы, омываемые водой (подводные «скворечники»).

Ввиду недостаточно экологичного мышления большинства людей нельзя надеяться на то, что в соответствии с концепцией инвайронментализма будет соблюдаться биосправедливость — право животных, растений, уникальных природных ландшафтов оставаться без контактов с людьми (без «приставания»). Поэтому для сохранения животного мира необходимы определенные границы между поселениями и местами обитания животных.

Эти границы могут совпадать с географическими [19] и быть такими же непреодолимыми (горы, реки, пустыни). Им могут быть свойственны препятствующая или фильтрующая функции. Возможно, в ряде случаев потребуются возведение специальных экологических заборов для ограничения или исключения доступа людей в места обитания животных, и наоборот. В истории известны экологические заборы, созданные людьми (например, глубокие рвы в Африке). В Великобритании уже более тысячелетия пастбища и поля ограждают густыми живыми изгородями. Еще саксы — завоеватели Британии — стали делать эти ограды из боярышника, хорошо размножающегося и превращающегося в колючую, густую и непроходимую для людей и крупного скота изгородь. Сейчас общая протяженность этих живых оград составляет около 0,5 млн миль. За длительный срок они стали не только непреодолимыми оградами, но и зелеными коридорами, поддерживающими биоразнообразие флоры и фауны.

Как уже отмечалось, уровень биопозитивности зданий и сооружений может быть повышен путем использования биопозитивных материалов, учета требований сенсорной экологии, сокращения энергопотребления и повышения теплозащитных свойств, устройства в конструкциях здания установок для утилизации возобновляемой энергии, сбора и использования дождевой воды с кровли и т. д. Многие системы зданий и сооружений можно назвать пассивно-биопозитивными, т. е. не требующими энергии для обеспечения функционирования. Интересное направление в конструировании — создание активно-биопозитивных зданий и сооружений, в которых усилены природоохранные функции за счет использования возобновляемой энергии. Они могут очищать воздух или воду путем устройства по всей контактирую-

шей поверхности фильтров, через которые принудительно прокачивается загрязненная среда. В перспективе возможно создание «умного» здания (см. подразд. 5.6), которое через систему датчиков постоянно контролирует состояние внешней и внутренней среды и при отклонении показателей от нормы включает устройства, очищающие среду от загрязнений или улучшающие другие ее показатели. Пределы активной биопозитивности зданий и сооружений безграничны. Активно-биопозитивное здание или инженерное сооружение должно быть полифункциональным и наряду с основной функцией (жилой дом, производственное здание, берегоукрепительное сооружение и др.) выполнять одну или несколько природоохранных функций, связанных с устойчивостью рельефа, очисткой атмосферного воздуха и воды от загрязнений и т.д.

Ряд привлекательных дополнительных свойств может придать городу пермакультура (permanent agriculture — постоянная агрокультура) — сравнительно новое направление в агрокультуре города и архитектуре. Она развивается как многоцелевой подход к каждому участку территории для создания высокопродуктивной экологичной системы производства пищи (это допустимо только в городе с чистой средой). В городе пермакультура может помочь объединить застройку, ландшафт, многолетние и однолетние растения, размещенные на всех возможных поверхностях, в стабильную высокопродуктивную систему [21]. Для выращивания различных высокопродуктивных растений, дающих урожай и к тому же очищающих воздух в городе и создающих привлекательный облик зданий, используют стены и кровли. Поступающую с покрытий дождевую воду собирают и употребляют для смыва в туалетах, полива и др.

Вертикальное озеленение в районах с жарким климатом выполняют на отnose от наружных стен, чтобы обеспечить защиту от солнца и устроить тенистые проходы вдоль стен здания. Автор идеи пермакультуры Б. Молисон предложил использовать деревья и кустарники в качестве несущих и ограждающих частей здания (ранее эти разработки были выполнены под руководством Ф. Отто в ФРГ).

Автором разработан проект грунтозаполненного («зеленого») дома, в котором стены и перекрытия заполнены растительным грунтом, сообщаемым с естественным массивом грунта под зданием. В любом месте стен или перекрытий (снаружи стен и на кровле, внутри стен, на полу) можно выполнить декоративные проемы с открытым естественным грунтом для высаживания травы, цветов, кустарников или деревьев.

В пермакультуре принято «золотое правило»: использовать небольшие площади для выращивания разнообразных растений. В соответствии с этим правилом на всех допустимых поверхностях зда-

ний и сооружений (стены, покрытия и т.д.), а также на прилегающих территориях вместе с расположенными на них инженерными сооружениями (заборы, опоры освещения, площадки для транспорта и др.) необходимо создать условия для роста растений.

Вертикальное озеленение, естественную вентиляцию, сбор дождевой воды, утилизацию органических отходов, использование геотермальной энергии и другие биопозитивные технологии сложно применять в небоскребах, но отдельные решения можно успешно использовать и при большой высоте зданий. К ним относятся:

- озеленение стен, лоджий, балконов с использованием грунтовых ящиков;

- озеленение стен в нижней части здания на высоте до 15...20 м, которая чаще попадает в поле зрения прохожих;

- устройство садов на всем этаже через каждые пять-десять этажей по высоте;

- устройство на кровле зимнего сада, газона или парка с бассейнами;

- применение ветроколес с концентраторами потоков ветра на нежилых этажах, ветроагрегатов внутри полого ядра (трубы) небоскреба;

- устройство гнезд для хищных птиц на вершинах небоскребов;

- установка солнечных батарей и нагревателей на кровле и стенах;

- использование грунтозаполненных ядер и консолей с озеленением открытых поверхностей грунта. При этом грунт может поддерживаться горизонтальными сетками, располагающимися через небольшие промежутки по высоте. Ядро можно выполнить коническим или пирамидальным в целях введения большего объема грунта.

Основные идеи экологизации могут успешно и без особых трудностей использоваться в малоэтажных зданиях. Возможно, что это является следствием действия экологического принципа миниатюризации.

### **5.3. ПОДПОРНЫЕ И ШУМОЗАЩИТНЫЕ СТЕНЫ**

В городе с экологичной средой все инженерные сооружения, в том числе подпорные и шумозащитные стены, должны быть биопозитивными. Биопозитивные подпорные стены выполняют в виде конструкций с внутренним заполнением растительным грунтом и наружным сплошным озеленением (рис. 5.5). Биопозитивные шумозащитные стены — это озеленяемые стены с внутренним заполнением растительным грунтом и двусторонним сплошным озе-

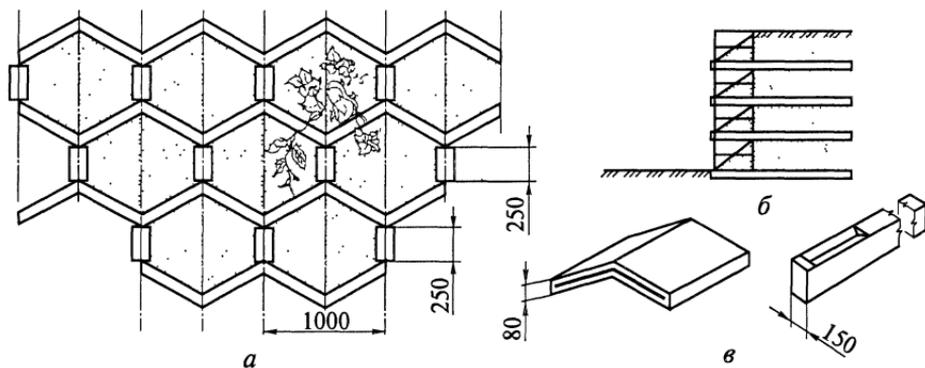


Рис. 5.5. Биопозитивная сотовая подпорная стена:  
*a* — фасад; *b* — вертикальный разрез; *в* — конструктивные элементы

лением. При разработке проектов озеленения подпорных и шумозащитных стен можно использовать рекомендации пермакультуры.

По схеме контакта с озеленяемым грунтом стены могут быть с большими или малыми сквозными проемами в лицевой поверхности, заполненными растительным грунтом под углом естественного откоса; с горизонтальным озеленением поверхностей; с протяженными наклонными поверхностями грунта.

Любую конструкцию можно сделать озеленяемой, если устроить на ней выступы для вьющихся растений, высаженных у основания стены, либо выполнить чередующиеся сквозные, горизонтальные или наклонные проемы, контактирующие с обратной засыпкой, и высадить в них растения. Озеленяемые стены позволяют получить экономию строительного материала. Озеленение лицевой поверхности можно выполнить следующими способами:

- устроить сквозные проемы или «карманы» на лицевой поверхности, заполнить их естественным грунтом и посадить растения;

- использовать для возведения подпорной стены или отдельных ее фрагментов габионовые элементы (сетчатые ящики, заполненные грунтом);

- создать пористую (природоподобную) лицевую поверхность, заполняемую грунтом;

- закрепить удерживающей сеткой на поверхности скального откоса слой грунта с удобрениями и семенами растений;

- прикрепить к скальному откосу отдельные сборные железобетонные элементы и заполнить пазухи растительным грунтом.

Биопозитивная подпорная стена, показанная на рис. 5.5, спроектирована и изготовлена в соответствии с разработками автора. Стена, лицевая поверхность которой после монтажа имеет вид

сот (рис. 5.5, а), состоит из двух сборных элементов — складки и балки (рис. 5.5, в). Элементы укладывались друг на друга на слое цементного раствора, одновременно выполнялись обратная засыпка и заполнение внутреннего объема сот растительным грунтом.

После возведения такая стена работает как массивная, но при увеличенной по расчету на выдергивание длине анкерных элементов (балок) может быть заанкеренной, с меньшей шириной поперечного сечения.

Другая разработанная автором биопозитивная стена состоит из сборных железобетонных бездонных ящичков, которые монтировались поярусно со сдвижкой в плане для создания открытых поверхностей растительного грунта. В обоих случаях размеры и вес сборных элементов были таковы, что монтаж стенок выполнялся вручную.

Таким образом, при минимальном расходе материалов на грунтозаполненные стены были достигнуты архитектурная выразительность и биопозитивность.

С учетом наибольшей эффективности шумозащиты и простоты возведения на магистралях целесообразны биопозитивные шумозащитные стены (экраны). Их рекомендуется проектировать таким образом, чтобы отношение высоты к толщине поперечного сечения в нижней части стены составляло от 3:1 до 5:1. Разработаны различные конструкции шумозащитных озеленяемых стен из сборного или монолитного железобетона. Конструктивно они представляют собой железобетонные емкости с отверстиями, заполненные естественной или искусственной грунтовой смесью с высаженными в нее растениями. Корни проникают через отверстия в естественный грунт, поэтому не требуется специальная поливка. На фасадах озеленяемой шумозащитной стены, после того как растения укрепятся и вырастут, видна сплошная завеса из листьев (в теплое время года) или вьющиеся ветки растений на фоне железобетонных плоскостей (в холодное время). Для архитектурной выразительности и лучшего шумогашения (переориентации звуковых потоков) рекомендуется предусматривать шумозащитные стены с декоративным рельефом на лицевой поверхности бетона.

Основными особенностями новых типов озеленяемых шумозащитных стен являются:

наличие горизонтальных или слегка наклонных поверхностей растительного грунта, расположенных с постоянным шагом по высоте стены;

связь всех объемов грунта внутри стены между собой и с естественным грунтом под стеной;

многослойность конструкции (наличие слоев с разными свойствами), что положительно влияет на эффективность шумогашения;

неплоская лицевая поверхность стены, хорошо отражающая и переориентирующая звуковые потоки;

возможность устройства густого озеленения по верху стены, хорошо препятствующего прохождению звука через верх;

возможность устройства наклонной плиты в верхней части стены, препятствующей прохождению звука к объекту защиты;

экологичность, заключающаяся в очистке загрязненного воздуха (абсорбция загрязнений листвой в летний период, принудительная очистка при прохождении воздуха через проемы в нижней части стены в любое время года), а также в высокой архитектурной выразительности;

сравнительно небольшая ширина стен, позволяющая монтировать их в условиях существующей застройки.

Шумозащитные стены подразделяются на свободно стоящие, контрфорсные и гравитационные.

Свободно стоящие стены выполняют из бездонных железобетонных коробов (емкостей), заполненных растительным грунтом и имеющих на боковых поверхностях открытые участки грунта для высаживания растений. Железобетонным коробам придают разную форму, чтобы получить различные свободные горизонтальные участки грунта (боковые «карманы», консольные выступы) и создать в итоге достаточно выразительную лицевую поверхность. Неплоская лицевая поверхность переориентирует и разбивает звуковые потоки. Грунт внутри стены контактирует с естественным грунтом, и корни растений свободно проникают в его толщу.

Контрфорсные стены (рис. 5.6) состоят из вертикальных железобетонных контрфорсов, к которым прикреплены горизонтальные плиты или оболочки, образующие заполненные грунтом полости с открытыми участками грунта. Плоские железобетонные контрфорсы в виде плит устанавливаются через 4...6 м по длине стены. В пазах на боковых поверхностях контрфорсов монтируют плоские или криволинейные лицевые плиты, которые могут иметь рельефный рисунок на поверхности. Контрфорсы заделывают в небольшие столбчатые (отдельно стоящие) фундаменты. Контрфорсные стены могут иметь наименьшую среди всех видов стен общую ширину (50...70 см), что позволяет рекомендовать их установку в условиях наиболее близкого расположения защищаемых зданий по отношению к магистралям.

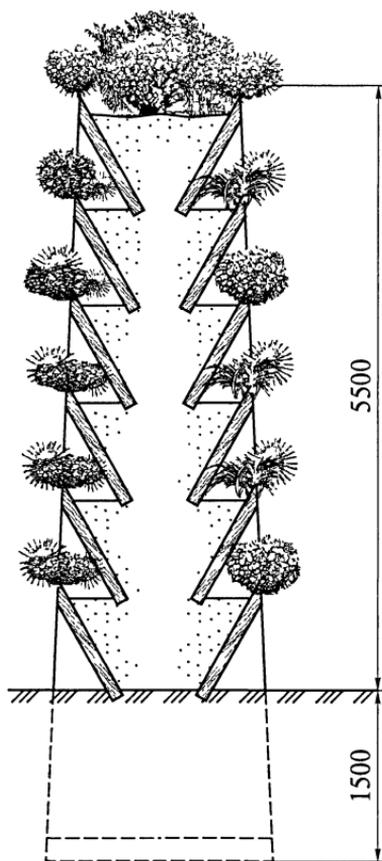
Гравитационные стены представляют собой террасированные с помощью железобетонных конструкций (плит, коробов) массивы грунта с достаточно большой шириной в основании (до 4...8 м), в которые посажены различные растения (кустарники, цветы и др.). Для создания террас устанавливают плоские рамы с шагом 4...6 м, в пазах на боковой поверхности которых монтируют плоские плиты высотой 40...60 см. Все внутреннее пространство заполняют грунтом, уплотняя его, чтобы не было значитель-

Рис. 5.6. Контрфорсная шумозащитная стена с наклонными плоскими плитами

ной осадки после полива, затем на горизонтальных террасах высаживают растения.

Для хорошего развития растительности на шумозащитных стенах необходим периодический полив с помощью специально оборудованных машин. В целях эффективной очистки воздуха в месте его максимального загрязнения (внутри своеобразного «короба», образованного шумозащитными стенами и проезжей частью) предлагается устройство принципиально новых активных шумозащитных стен.

В нижней части шумозащитных стен там, где скапливается загрязненный воздух, можно устраивать воздухозаборники, соединенные с вентиляторами и системой очистки. Привод вентиляторов возможен от ветроколес, установленных на верху стен. Такое решение позволяет очищать наиболее загрязненный воздух в месте его образования и не допускать рассеивания загрязнителей по территории города. Общий вид озеленяемых шумозащитных стен как в летнее, так и в зимнее время достаточно эстетичен, чередование разнообразных архитектурно-конструктивных решений утомляет зрение водителя. При размещении шумозащитных стен в центральной части города можно периодически включать в их конструкцию стеклянные панели для большего разнообразия и выразительности. На биопозитивных стенах можно размещать гелиоколлекторы, солнечные батареи, а пространства за стенами использовать для установки метантенков, подогреваемых энергией от гелиоколлекторов. Это решение эффективно при южной ориентации стен и их большой протяженности.



#### **5.4. БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫЕ И БЕРЕГОЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

В поддержании качества среды жизни в экологичном городе велика роль берегоукрепительных и берегозащитных сооружений,

если они представляют собой экологичные конструкции. К указанным сооружениям относят любые инженерные конструкции в прибрежной зоне, контактирующие с водой: буны, волноотбойные стены, причалы, молы, искусственные рифы и водоросли, устройства для выращивания морепродуктов. Их целесообразно выполнять таким образом, чтобы они укрепляли берег, удерживали пляжи, формировали наносы на дне, гасили энергию волн и одновременно создавали условия для крепления обрастаний к субстрату, выращивания морских организмов, в том числе живущих в прибрежной зоне, и очистки воды. Берегоукрепительные сооружения могут быть саморастущими: известковый камень нарастается из содержащихся в морской воде солей на тонкие стержни арматуры. Эти сооружения можно также делать активно-биопозитивными, у которых ряд функций усиливается за счет поступления энергии от нетрадиционных возобновляемых источников энергии — солнца, волн, ветра.

В процессе строительства и эксплуатации традиционных берегозащитных и берегоукрепительных сооружений нарушается сложившаяся экологическая обстановка в прибрежной зоне. Под насыпными пляжами исчезают естественная среда обитания и защитные укрытия большинства прибрежных живых организмов и растений, играющих важную роль биофильтров морской воды. Суммарная площадь бетонных конструкций значительно меньше площади естественного литоконтура морского дна. Гладкая поверхность сооружений мало пригодна для прикрепления водорослей и моллюсков. При шторме они легко срываются волнами и погибают. Кроме того, в межбунном пространстве ухудшается циркуляция морской воды, что снижает содержание в ней кислорода, способствует накоплению вредных веществ и развитию болезнетворных микроорганизмов. В связи с этим на участках берега, защищенного от волновой эрозии, подавляется естественная способность воды к самоочищению. Поэтому необходимо на стадии проектирования уделять особое внимание вопросам экологизации берегоукрепительных и берегозащитных сооружений.

При ремонте ранее построенных берегоукрепительных сооружений им можно придавать биопозитивные свойства. Например, буны из массивной кладки могут быть дополнены сборными перфорированными железобетонными экранами, закрепляемыми вдоль боковых граней на некотором расстоянии; образующийся зазор заполняется каменной засыпкой. Во внутренние полости биопозитивных бун можно устанавливать коллекторы для выращивания морепродуктов, периодически изымаемых через люки в верхней части.

Примером углубленного природоохранного обустройства прибрежной зоны является полифункциональная волноотбойная стена, которая повышает качество среды в прибрежной зоне моря.

Проект такой стены предусматривает создание в ней систем воздействия на слух, зрение и обоняние отдыхающих (генерация звука органными трубами, цветное освещение и распыление морской воды). При волнении моря вода будет поступать в сужающиеся трубы, разгонять и приводить в действие все три системы: сжимать воздух в промежуточных камерах, заставляя звучать органн-ные трубы; вращать генератор, который подключен к цветным лампам, прикрепленным к органным трубам (цветомузыка); с большой скоростью, вращаясь, ударяться о распылительные тарелки, расположенные у концов распылительных труб, отчего на набережную будет поступать насыщенный морскими ионами целебный воздух.

Оздоровление воздуха и улучшение визуального восприятия набережной может быть достигнуто путем строительства бассейнов, сообщающихся с морем, и устройства в них подводных трубок, через которые в период небольшого волнения моря подаются вверх фонтаны морской воды. Трубки расширяются в сторону моря, поэтому при входе небольшой волны в трубку на ее суженном конце (в бассейне) вода приобретает большую скорость.

Благоприятные для сохранения природной среды искусственные рифы можно устраивать из разнообразных сборных конструкций, образующих на дне объемное сооружение неправильной формы с большой площадью поверхности для крепления гидробионтов (обрастателей) и заменяющее им естественный субстрат. В этом искусственном рифе создаются многочисленные внутренние полости, омываемые морской водой, которые дают возможность развиваться и существовать рыбам, мидиям, крабам и другим обитателям моря. В качестве сборных элементов применяют: стандартные блоки (тетраподы); изогнутые в двух плоскостях элементы; объемные структурные блоки.

Одно из эффективных конструктивных решений для формирования дна, гашения волн, крепления обрастаний — искусственные водоросли — синтетические полосы или нити, прикрепленные к анкерам или искусственному дну и всплывающие в воде за счет малой плотности или устройства воздушных карманов. Они обеспечивают дополнительную аэрацию воды при ее волнении и быстром перемещении относительно водорослей, находящихся вблизи поверхности. Высота водорослей должна определяться как сумма глубины моря в месте их крепления и высоты наибольшей волны; расположение водорослей в плане может быть прямолинейным, криволинейным, кольцевым, прерывистым, ломаным. Они могут быть и переменной высоты, а по длине иметь инвентарные разъемы, рассчитанные на небольшое усилие. При необходимости можно использовать придонные механизмы для смазывания (сворачивания) водорослей в целях прохода крупных плавсредств.

Аэрацию морской воды, ведущую к ее насыщению кислородом и росту способности к самоочистке, можно повысить с помощью специальных криволинейных направляющих на пути движения волны, которые преобразуют движение воды в криволинейное, разбивают волну на отдельные струи, капли, контактирующие с воздухом. Примером может служить пилообразная наклонная волноотбойная стена, которая постепенно гасит усилие волнового воздействия и направляет воду вверх, аэрируя ее.

Конструкцией более высокого природоохранного уровня является активно-биопозитивная буна, активно очищающая морскую воду в прилегающей акватории и получающая энергию для усиления очистительных функций от волн. Для придания ей активных свойств внутри устраивают фильтры грубой и тонкой очистки (их периодически очищают или заменяют новыми), сквозь которые прогоняется вода, засасываемая через подводные отверстия. Для создания тока воды служат гидравлические насосы, приводимые в действие поплавками, шарнирно прикрепленными к буне с боковых сторон. Эти поплавки дополнительно играют роль искусственных пляжей в тихую погоду, а при сильном волнении моря и в зимний период трансформируются в защитный навес над буной.

## **5.5. ШОССЕ И ДРУГИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

Для повышения качества городской среды жизни функции биопозитивности нужно придать всем инженерным сооружениям: улицам и автомагистралям, заборам, мостам, путепроводам, опорам освещения, покрытию тротуаров и дорог, различным инженерным сооружениям на территориях заводов — градирням, силосам, бункерам, галереям и др. Как уже отмечалось, пока далеко не все принципы экологичности могут быть использованы при создании инженерных сооружений, но даже учет одного-двух из них очень важен с точки зрения роста качества среды в городе.

Например, одной из важнейших экологических проблем является непроницаемость покрытий дорог, занимающих существенную часть поверхности города. Покрытия тротуаров, дорог, стоянок машин не должны герметично закрывать растительный грунт, прерывать поток веществ. Они должны допускать существование живых организмов, произрастание травы на грунте. Всего этого можно достичь, если вместо сплошного слоя покрытия (асфальт, бетон) сделать покрытие, проницаемое для воды, света, воздуха. Во многих странах построены стоянки для легковых автомашин с покрытием в виде дырчатых железобетонных плит, форма которых обеспечивает возможность произрастания травы на большей части площади стоянки. При этом выросшая выше поверхности

плит трава срезается колесами машин. Площадь проемов на наружной поверхности плит значительно меньше площади отпечатка колес, поэтому при езде по такому покрытию не наблюдается тряски. Дождевая вода легко проникает в грунт, испарению воды тоже ничто не препятствует.

Заборы также могут быть надежными и в то же время биопозитивными. В их конструкциях могут быть применены пустотелые заполненные почвой столбы и плиты. Высаженные в открытые поверхности растительного грунта растения по мере развития достигают корнями естественного грунта в основании, что может избавить в дальнейшем от необходимости полива. Биопозитивные опоры освещения в виде заполненных растительным грунтом оболочек могут быть весьма разнообразными и выразительными. Для дорог и шоссе экологизация особенно актуальна.

Биопозитивное шоссе — это поднятая над поверхностью земли автомобильная дорога, которая содержит устройства для очистки воздуха и воды от загрязнений и обеспечивает нормальное развитие растительности под ней. Для этого в местах регулируемого стока дождевых вод устанавливают съемные фильтры (например, волоконные), очищающие воду перед ее сбросом на землю. В местах регулируемого прохода загрязненного воздуха наружу из внутреннего объема шоссе, образованного полотном дороги и непрерывными боковыми озеленяемыми шумозащитными стенами, размещают съемные воздушные фильтры. Загрязненный воздух всасывается вентиляторами с приводом от ветроколес (или от напора воздуха при движении автомобиля). Для нормального развития растительности, освещения ее естественным солнечным светом, в покрытии выполнены прозрачные участки, грунт в шумозащитных стенах контактирует с естественным грунтом в местах опор.

## **5.6. «УМНЫЕ» ЗДАНИЯ**

В настоящее время наметился постепенный переход к возведению так называемых «умных», или интеллектуальных, зданий для повышения качества среды, экономии материалов и энергии. Элементы «умных» систем зданий известны уже давно, но системы обеспечения комфортных условий для жителей и быстрого реагирования на изменение потребностей с помощью встроенных управляющих устройств появились недавно. «Умными» могут быть любые здания — жилые дома, учреждения, производственные объекты и др. Как правило, такие здания оборудуются следующими системами:

энергоснабжения, освещения, отопления, водоснабжения, кондиционирования и служб безопасности (противопожарной, антисейсмической, охраны дома и др.);

телекоммуникационными (сети связи, в том числе спутниковой, оптико-волоконные кабельные сети, сети подключения к банкам данных). Эти системы позволяют получать информацию в соответствии с профилем организации — владельца интеллектуального здания;

автоматизации учреждений (офисов), в том числе автоматизации системы контроля качества внутренней среды здания и некоторого объема внешнего пространства;

автоматизации внутреннего транспорта (например, лифтов); централизованного сбора и утилизации отходов.

В некоторых проектах предлагается также использовать машины церебральной релаксации, посылающие через наушники и очки звуковые и световые сигналы с комбинацией различных частот в соответствии со специальными программами против бессонницы, стресса, невроза и др.

Функции «умных» зданий могут быть очень широкими — от контроля среды и состояния жителей до контроля состояния самого здания. В сейсмических районах могут использоваться «умные» здания с автоматическим реагированием на землетрясение. Они снабжены системой зеркал на грунте на некотором расстоянии от здания и оптических датчиков, которые фиксируют отклонение светового луча от исходного положения при начале колебаний грунта. Микропроцессор анализирует параметры колебаний грунта при землетрясении с помощью заложенной в него экспертной системы и подает своевременные команды на эффекторы — линейные двигатели, перемещающие, например, большую массу на верхнем этаже здания в противофазе с колебаниями здания. Такое мероприятие позволяет в самом начале колебаний верха здания относительно фундамента снизить их амплитуду и тем самым предотвратить недопустимые деформации.

Новым типом «умного» здания широкого назначения может стать предлагаемое автором здание с автоматическим слежением за состоянием своих конструкций, а также за качеством внутренней и, частично, окружающей сред. Такое здание с помощью систем датчиков (рецепторов) следит за деформациями и состоянием конструкций, основания и фундаментов, гидроизоляции, теплозащитными свойствами стен. Оно анализирует внутреннюю среду помещений и состав воздуха снаружи здания.

В нем могут быть следующие системы контроля:  
напряженно-деформированного состояния конструкций;  
степени изношенности (коррозии) конструкций;  
качества воздуха внутри здания и питьевой воды;  
вибрации и других физических параметров;  
качества воздуха и физических полей вблизи здания;  
состояния и деформаций грунта в основании здания;  
вибрационных и сейсмических воздействий.

Если параметры среды отличаются от допустимых, включаются соответствующие экспертная система и система реагирования (изменяющая, например, напряжения в напряженной арматуре, оказывающая сейсмоизолирующие воздействия и т.д.).

«Умное» биопозитивное здание должно создавать наиболее благоприятные условия для находящихся в нем людей. К известным устройствам для кондиционирования воздуха, автоматического включения и выключения света, автоматического затенения окон, слежения здания (его поворота) за солнцем в будущем могут быть добавлены автоматические устройства для поддержания нормального физического и психофизиологического состояния людей. «Умное» здание более широкого назначения будет содержать устройства (датчики, преобразователи), расположенные в местах наилучшего отбора информации о показателях физического и психофизиологического состояния людей (определяющие кровяное давление, частоту дыхания и работу сердца, тембр и громкость голоса, состояние и цвет радужной оболочки глаз, вес и рост человека и т.д.) и передающие эти показатели в компьютер (рис. 5.7). С помощью медицинских экспертных систем (МЭС) компьютер будет анализировать нормальные и текущие (периодически замеряемые) показатели и при отклонении каких-либо из них от нормы, сигнализировать о начале заболевания. На основании заложенных в память данных компьютер будет выдавать сигналы на исполнительные механизмы, подающие лечебные аэрозоли и соответствующие добавки для запахов в помещения, лекарственные добавки — в питьевую воду, воду для душа или ванны, создающие необходимые температуру и влажность внутри помещения, выдающие на мониторе рекомендации по питанию, включающие соответствующую музыку, голографические картины на стенах. Все это позволит поддерживать здоровье человека, снимать психологическое напряжение.

Тепловое поле человека будет определяться термовизионной установкой; высокочастотное поле — по методике Кирлиан; масса — датчиками различной конструкции; рост — фоторезисторами в паре с источниками света в дверных проемах; частота дыхания — высокочувствительным остроориентированным микрофоном типа течеискателя, направленным на лицо; частота сокращений сердца, кровяное давление — электродами и датчиками, постоянно прикрепленными к ручкам кресла; спектральная характеристика голоса — микрофоном; состояние и цвет радужной оболочки глаз — передающей камерой в ванной комнате; параметры выдыхаемого воздуха — датчиком, находящимся в спинке кровати; данные о белке и сахаре — датчиками в туалете; качество походки (соотношение между нормальной и касательной составляющими давления ноги на пол) — тензорезисторами на одной из ступенек лестницы или половицы пола.

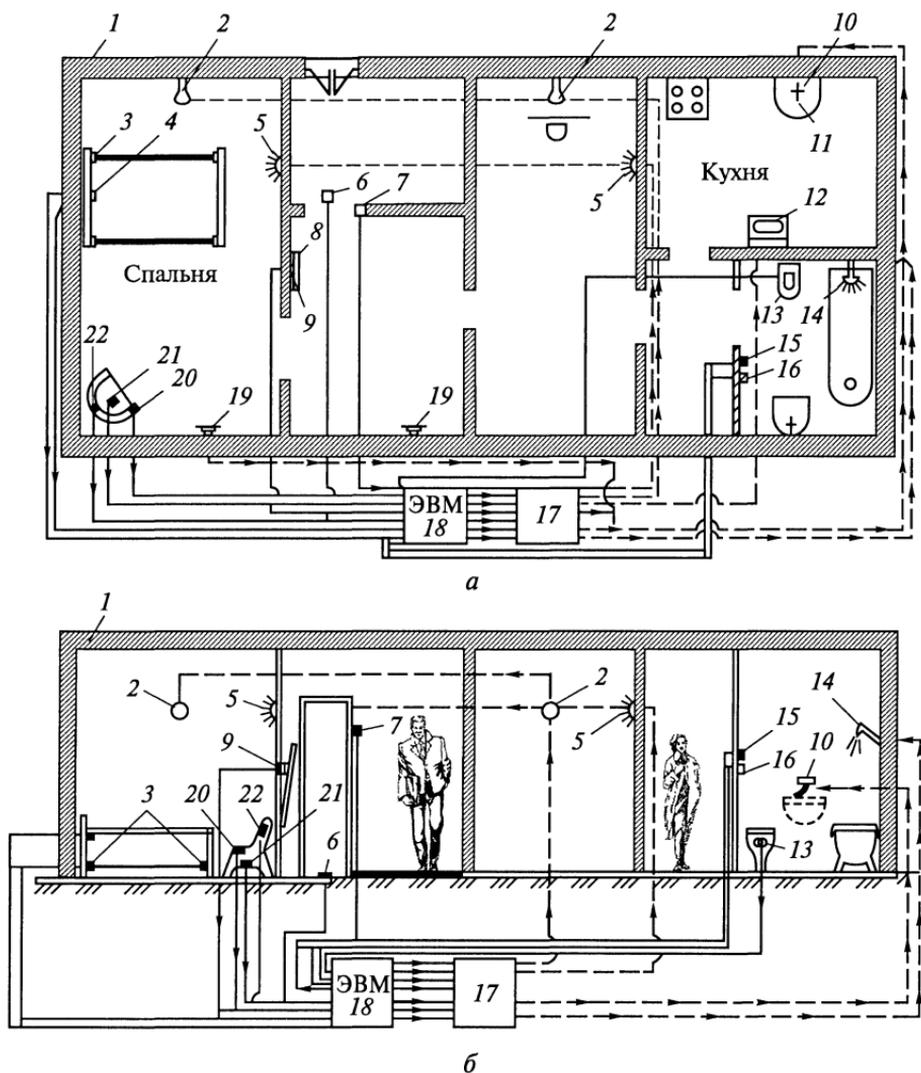


Рис. 5.7. План (а) и вертикальный разрез (б) квартиры «умного» здания:

1 — наружная стена; 2 — распылители для подачи аэрозолей; 3 — тензорезисторы на опорах кровати; 4 — датчик (приемник) выдыхаемого воздуха; 5 — осветители с цветными фильтрами; 6 — датчик массы тела в полу; 7 — фоторезистор в косяке двери; 8 — зеркало; 9 — передающая цветная камера; 10 — трубка для подачи лекарственных добавок в питьевую воду; 11 — раковина; 12 — дисплей с выводом информации от процессора о рекомендуемых диете и образе жизни; 13 — датчик в унитазе; 14 — трубка для введения лекарственных добавок в воду душа и ванной; 15 — термовизионная камера; 16 — аппаратура для контроля методом Кирлиан-эффекта; 17 — система исполнительных механизмов; 18 — микропроцессор; 19 — громкоговоритель; 20 — датчики кровяного давления и частоты сокращений сердца; 21 — тензорезистор в сиденьи кресла; 22 — микрофон

«Умное» здание не должно быть перенасыщено новыми сетями, создающими электромагнитные поля, которые воздействуют на жильцов. Интеллектуальные системы избавляют человека от выполнения многих функций, но человек обязан физически трудиться, чтобы поддерживать нормальное состояние, поэтому всегда будут существовать экологически обоснованные пределы использования таких систем. Они должны рассматриваться с учетом углубленного экологического анализа, который должен быть направлен на экологичное ограничение степени интеллектуальности зданий.

## **5.7. НАПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ И ОБЪЕКТА**

С учетом изложенного выше материала можно предложить пути повышения уровня экологичности (биоопозитивности) строительной площадки (участка) и объекта.

Направления экологизации участка:

определение степени использования ресурсов и степени нарушения существующих естественных систем, поддерживающих эксплуатацию здания;

анализ и оценка участка (выделение областей, требующих защиты, и локальных факторов вне участка, которые могут требовать уменьшения);

определение технических характеристик участка (географическая широта и факторы микроклимата; топография и формы ландшафта и др.);

анализ характеристик климатических зон;

анализ качества воздуха на участке;

исследование грунта и грунтовых вод;

оценка экосистемы участка с точки зрения обеспечения сохранения заболоченных земель и подвергнутых опасности местных видов животных;

указание на плане схем опасных природных воздействий в целях предусмотрения защиты от них;

нанесение на плане схем пешеходного и транспортного движения и стоянок;

учет культурных и исторических особенностей территории строительства;

учет топографических и гидрологических особенностей;

минимизация длины сетей;

снижение длины транспортных путей;

создание зеленых коридоров, санитарно-технических коридоров;

использование возобновляемых источников энергии;  
минимизация разрушения существующего ландшафта;  
сохранение почв и естественных дренажных путей;  
минимизация площади тротуаров;  
использование пористых (проницаемых) материалов для мощения.

Направления экологизации объекта:

учет принципов экологичности (биопозитивности);  
экологизация строительной площадки;  
проектирование, предусматривающее сохранение почвенно-растительного слоя, использование проницаемых твердых покрытий, подземного пространства и неудобий;  
использование экологичных строительных материалов;  
учет положений миниатюризации, сенсорной экологичности;  
анализ и учет при проектировании полифункциональности объекта;

устройство на наружной поверхности вертикального озеленения;

озеленение поверхности за счет создания грунтозаполненных объемов; фитодизайн внутреннего пространства;

устройство внутри стен скворечников и укрытий для птиц;

объединение конструкций сооружений с устройствами для утилизации возобновляемой энергии и с аккумулирующими устройствами;

применение энергосберегающих планировочных и конструктивных решений;

учет положений архитектурно-строительной бионики;

введение естественных энергонезависимых систем;

использование экологически допустимых отходов для изготовления строительных материалов и элементов зданий;

устройство зимних садов, пристроенных к зданию;

введение систем автоматического регулирования для элементов зданий (автоматическое открывание и закрывание окон и штор и др.);

введение системы сбора воды с твердых покрытий, ее хранения и повторного использования;

управление отходами; введение системы автономного сбора отходов и очистки стоков;

использование систем «умного» здания или инженерного сооружения;

достижение максимальной автономности объекта.

Сегодня необходимо новое отношение к природе города. Надо стремиться к тому, чтобы за счет создания биопозитивных зданий и инженерных сооружений сократить экологический след и улучшить качество среды. Роль комплексной экологизации всех городских зданий и инженерных сооружений очень велика. Она позво-

ляет оздоровить среду, приблизиться к состоянию экологического равновесия, повысить площадь почвенно-растительного слоя в городе при сохранении всех основных функций, выполняемых зданиями и инженерными сооружениями.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. В чем сущность процесса экологизации? Какие задачи решает экологизация строительной площадки, зданий, инженерных сооружений?
2. Опишите порядок экологизации площадки строительства здания.
3. Какие технические характеристики участка возведения здания влияют на форму здания, на используемые строительные материалы?
4. Почему важна минимизация площадей твердых покрытий (тротуаров и др.) на участке?
5. Какие здания можно назвать экологичными? Что влияет на экологичность зданий?
6. Каковы основные направления экологизации зданий?
7. Какие задачи решает экологизация инженерных сооружений?
8. Что такое «умное» здание, каковы его функции?
9. Какова роль пермакультуры в экологичных зданиях?
10. Как решить проблемы вертикального озеленения стен и устройства кровель-газонов? В чем преимущество таких решений?
11. Опишите экологичные конструкции подпорных и шумозащитных стен в экологичном городе.
12. Перечислите функции экологичных берегоукрепительных сооружений. Каковы их конструктивные решения?
13. Опишите порядок экологизации любого объекта.

## 6.1. СТРАТЕГИИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ГОРОДЕ С ЭКОЛОГИЧНОЙ СРЕДОЙ

Мощным средством формирования и поддержания благоприятной городской среды, сокращения экологического следа и восстановления экологического равновесия является ресурсосбережение, позволяющее экономно расходовать природные запасы, сберегать невозобновляемые и шире применять возобновляемые ресурсы, утилизировать отходы, не загрязняя благодаря этому среду. Одна из целей создания города с экологичной средой — устойчивое использование и сбережение всех ресурсов — материалов, энергии, земли, воды и др. Экологизация города и его среды требует сокращения потребления ресурсов (особенно невозобновляемых) и компонентов ландшафта, оказывающих наибольшее влияние на среду города — почвенного слоя, растительности, воды и др.

Почва — наиболее ценный ресурс. Она представляет собой естественноисторическое биокосное тело (продукт распада и переработки живого вещества), возникшее в результате воздействия живых и мертвых организмов, атмосферы, природных вод на поверхность горных пород в условиях различного климата, рельефа, земной гравитации. Площадь, занятая пашней, составляла в 1950 г. 1,06, в 1978 г. — 0,87 га на человека. Сокращение площади пашни происходит по ряду причин, в том числе и ввиду отвода земли под строительство. Каждые 15 лет в мире примерно в два раза возрастает площадь земли, выделяемой под застройку. Поэтому в городе с экологичной средой нужно стремиться к сокращению площади застраиваемой поверхности земли.

Лесные ресурсы играют большую роль в улучшении окружающей среды, выполняя климатообразующую, почво- и полезащитную функции, участвуя в процессе фотосинтеза. Древесина — практически единственный возобновляемый (в большом объеме) ресурс для строительства. Все наземные и водные растения земного шара создают около 100 млрд т сухой фитомассы, при этом на долю суши приходится около 64 млрд т. В частности леса нашей страны производят 2,2 млрд т фитомассы, одновременно они поглощают из воздуха примерно 5,5 млрд т диоксида углерода, вы-

деляя 4,25 млрд т кислорода. Этим далеко не ограничиваются полезные функции леса. Запасы древесины в целом по всему земному шару составляют 358 млрд м<sup>3</sup>. Однако значительная часть пригодной для целей строительства спелой древесины теряется при добыче, транспортировке и обработке, используется на топливо. Поэтому леса относятся к относительно возобновляемым ресурсам. Лес надо экономно использовать, сохранять и восстанавливать.

Минеральные ресурсы (полезные ископаемые) — одни из важнейших ресурсов в жизни человеческого общества, о чем свидетельствуют установившиеся наименования периодов развития человечества: каменный, бронзовый, железный века. Эти ресурсы образуются исключительно медленно и используются чаще всего однократно. Особенностью полезных ископаемых является их постепенное иссякание, так как темпы их образования во много раз медленнее темпов добычи. В связи с научно-технической революцией резко ускорился рост добычи полезных ископаемых (за последние 75 лет добыча нефти возросла в 133 раза, угля — в 3,3 раза, газа — в 632 раза). Сроки обеспеченности человечества минеральными ресурсами при их ускоряющейся разработке невелики, хотя прогнозы в этой области неточны из-за совершенствования технологий, повышения степени утилизации вторичных материалов, разведывания новых запасов. Интересные предложения по устойчивому использованию полезных ископаемых содержатся в концепции инвайронментального пространства, в идее экологического следа (см. гл. 1).

Экономия минеральных и некоторых других ресурсов в современном строительстве развивается по нескольким направлениям. Одним из определяющих факторов добычи и переработки сырья становится сохранение окружающей природной среды. Добыча полезных ископаемых должна стать экологически оправданной, т. е. учитывающей комплекс факторов: нежелательность открытых разработок и отвалов; необходимость сохранения почвы, чистоты атмосферы, гидросферы и литосферы; влияние добычи на биосферу, ландшафт; требуемые затраты энергии и человеческого труда и др.

Водные ресурсы — это запасы пресных вод (реки, озера, ледники, подземные воды и т. д.). В результате круговорота вода постоянно обновляется, расходуется и восстанавливается; продолжительность ее возобновления различна в зависимости от водного объекта, в котором она находится. Из общего объема воды на Земле на долю пресной приходится всего около 2 %. Ее запасы в Южной Америке составляют 1000 тыс. км<sup>3</sup>, Азии — 565, Северной Америке — 250, Африке — 195, Европе — 80, Австралии и Океании — 25 тыс. км<sup>3</sup>. Сток реки Амазонки в Бразилии — стране, которая наиболее обеспечена пресной водой, — составляет 6930 км<sup>3</sup> в год. В России больше всего пресной воды в озере Байкал — 23 тыс. км<sup>3</sup> (80 % всей пресной воды в нашей стране, или 20 % мировых запасов).

Энергетические ресурсы в зависимости от источника энергии могут быть отнесены к возобновляемым (энергия солнца, фотосинтеза, гидроэнергия, энергия приливов, волн, ветровая, геотермальная, процессов испарения и выпадения осадков, тепловая энергия использования разности температур между атмосферой, сушей и морем, биоэнергия) и невозобновляемым (газ, нефть, уголь, торф, сланцы, ядерное топливо, легкие химические элементы — водород, гелий, литий). В настоящее время основными источниками энергии являются уголь, нефть, природный газ, ядерное топливо. Однако запасы невозобновляемых энергоресурсов ограничены. Кроме того, энергия, получаемая из невозобновляемых ресурсов, приводит к дополнительному нагреву атмосферы, поэтому ее называют добавляющей (она добавляется к энергии нагрева Земли Солнцем). В последние годы в мире пересматривается использование энергетических ресурсов с точки зрения региональной и глобальной экологии.

Использование возобновляемых ресурсов практически не приводит к дополнительному нагреву атмосферы, поэтому их энергия называется недобавляющей, безотходной, не загрязняющей геосферу. Дополнительный нагрев атмосферы Земли на  $1^{\circ}\text{C}$  может быть вызван производством добавляющей энергии в количестве 1 % энергии, получаемой от Солнца, что может привести к катастрофическим изменениям климата, биосферы. Безопасный предел объема добавляющей энергии составляет, по прогнозам ученых, 0,1 % падающей на Землю солнечной энергии (около 100 млрд кВт), а сейчас уже производится около 10 млрд кВт при ежегодном приросте около 3 % [16].

Стратегическим направлением устойчивого использования энергетических ресурсов является развитие возобновляемого энергопотребления наряду с применением экологически чистой энергетики на природном газе, а также на угле и нефти с очисткой отходящих газов до 99,5 %. Это не должно вызвать парниковый эффект и уменьшить запасы кислорода (сейчас ежегодно потребляется около 0,003 % его запасов без учета воспроизводства). Уровень экономического могущества стран не всегда свидетельствует об экономном использовании ресурсов. Например, США, где проживает 5 % населения Земли, используют 25 % топливных ресурсов, потребляют больше кислорода, чем его вырабатывается на территории страны.

Экономия энергии как одна из главных задач при создании города с экологичной средой достигается экономическими (высокие налоги на энергопотребление, государственный контроль за расходованием энергии, поощрение использования возобновляемых источников и др.), социальными (мобилизация граждан на борьбу с расточительством энергии, разработка различных кодексов и заповедей по экономии энергии каждым членом общества), технологическими (применение энергосберегающих конст-

рукций, использование нетрадиционных источников энергии) и другими мерами. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ) сопоставимы по ресурсам с традиционными, а исчерпаемость последних, низкий коэффициент преобразования заключенной в них энергии в электрическую, значительное загрязнение среды при сжигании делают исключительно актуальной задачу использования возобновляемой энергии (табл. 6.1). Так, только солнечная энергия могла бы обеспечить электроэнергией всех потребителей на Земле; энергия ежегодно производимой биомассы на порядок больше энергии добываемой нефти; 2 % энергopotенциала ветра могли бы покрыть все потребности человечества в энергии. Ввиду низкой плотности всех видов НВИЭ для утилизации возобновляемой энергии необходимо строительство установок, занимающих большие площади земли (рис. 6.1).

Одно из наиболее эффективных решений — совмещение зданий с установками для преобразования энергии. С этой целью

**Таблица 6.1. Использование возобновляемой энергии в городе с экологичной средой**

| Вид энергии                               | Примеры использования   |
|---|---|
| Солнечная                                 | Применение пассивных и активных систем солнечного отопления, солнечных электростанций, систем вентиляции                      |
| Ветровая                                  | Применение ветроагрегатов для производства электроэнергии, подачи воды, ее нагрева, в качестве элементов метантенков и др.    |
| Органических отходов (биоэнергия)         | Использование всех органических отходов для производства биогаза и его применение в зданиях                                   |
| Геотермальная                             | Использование теплоты Земли или разницы температур на поверхности и на небольшой глубине для отопления зданий                 |
| Волн, приливов и отливов (гидроэнергия)   | Использование указанных видов энергии для производства электроэнергии   |
| Гидротермальная                           | Использование теплоты подземных вод или разницы температур на поверхности и на небольшой глубине водоема для отопления зданий |
| Внутренних источников                     | Утилизация тепловой энергии от всего электрооборудования, приборов, людей, находящихся в здании                               |
| Сбросная теплота в технологических циклах | Утилизация всей сбросной теплоты с помощью тепловых насосов и аккумуляторов   |

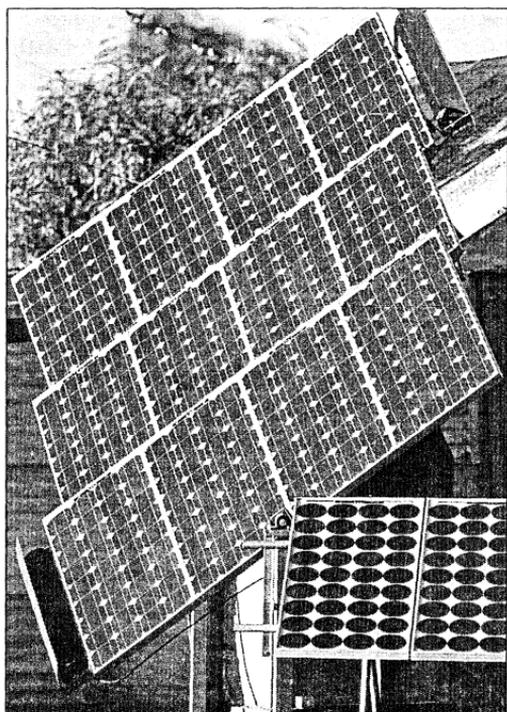
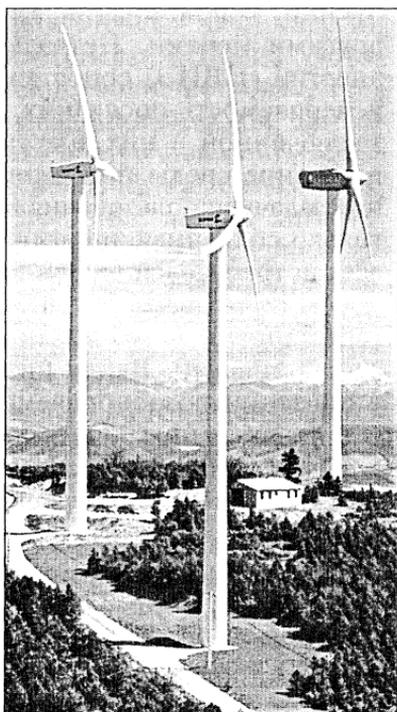
*а**б*

Рис. 6.1. Солнечные батареи большой площади (а) и ветроагрегаты (б) на естественном ландшафте

можно проектировать здания криволинейной формы в плане, изменять их конфигурацию по высоте, устраивать специальные проемы для концентрации ветровых потоков и т.д. Современная наука предлагает применять: гелиоколлекторы, солнечные станции и адсорберы, полностью заменяющие кровельное покрытие или устроенные выше покрытия; эти же устройства на экранах лоджий, стенах здания, оконных проемах (селективно прозрачные); ветроколеса, получаемые путем трансформации защитных экранов фонарей, с концентраторами и диффузорами ветрового потока; гидро- или геотермальные коллекторы, расположенные в подвальной части или ниже фундамента здания; метантенки, сблокированные с конструкциями подвальной части, нулевого цикла и др. Максимальное совмещение несущих и технологических конструкций зданий и установок для преобразования энергии НВИЭ позволяет не только сократить площадь отторгаемой земли, расход строительных материалов, но и снизить длину коммуникационных линий. При этом обычно не уменьшается архитектурная выразительность зданий и сооружений. Наряду с использованием НВИЭ следует обратить внимание и на повышение сопротивле-

Таблица 6.2. Стратегические направления сбережения ресурсов

| Ресурс  | Направления сбережения ресурса  |
|---|---|
| Поверхность земли, почвенно-растительный слой                   | Высокоплотная застройка с локальными центрами.<br>Подземное и надземное строительство.<br>Строительство на неудобьях.<br>Застройка территории шельфа.<br>Вертикальное и горизонтальное озеленение грунтозаполненных объемов (кровель-газонов и др.)   |
| Энергия   | Энергосбережение.<br>Строительство энергоактивных зданий, использующих НВИЭ.<br>Использование пассивных систем отопления и охлаждения.<br>Утилизация внутренней теплоты зданий.<br>Применение естественной и энергосберегающей вентиляции.<br>Улучшение ввода естественного света в здания.<br>Использование энергосберегающих систем канализации   |
| Строительные материалы и изделия (минеральные и лесные ресурсы) | Использование адекватных норм расчета.<br>Совершенствование конструктивных решений.<br>Совершенствование технологий, методов монтажа.<br>Проектирование с учетом возможностей вторичного использования, облегченной разборки после завершения эксплуатации.<br>Преимущественное использование возобновляемых и применимых для вторичного использования материалов.<br>Сокращение объема отходов.<br>Вторичное использование отходов |
| Пресная вода  | Применение водосберегающей аппаратуры внутри зданий, счетчики расхода воды.<br>Сбор пресной воды с твердых покрытий и ее очистка для вторичного использования.<br>Сбор воды из ваннных комнат и ее очистка для вторичного использования.<br>Введение третьей тонкой трубы для особо чистой питьевой воды, использование бутилированной воды   |
| Компоненты ландшафта, флоры и фауны                             | Восстановление экологической инфраструктуры.<br>Создание экологического каркаса.<br>Экореставрация всех компонентов ландшафта.<br>Сохранение ландшафта.<br>Сохранение и восстановление природного рельефа.<br>Восстановление флоры.<br>Восстановление фауны   |

ния теплопередаче наружу, что в комплексе с учетом местных климатических условий позволяет обеспечить хорошие условия регулирования теплообмена в здании и снизить энергозатраты.

В городе с экологичной средой необходимы:

сведение к минимуму теплопередачи наружу здания;

в зимнее время обеспечение поступления солнечной энергии через окна и оранжереи на южной стороне, снижение утечек воздуха и сокращение инфильтрации его через щели, стыки;

в летнее время обеспечение естественной вентиляции проветриванием, установкой термосифонов, обеспечение радиационного охлаждения, а также охлаждения за счет испарения (например, при орошении кровли), улучшение ввода солнечного света внутрь комнат;

использование новых систем вентиляции и охлаждения, не требующих подвода энергии;

применение новых биосистем очистки грязной воды.

Наряду с экономией энергии следует обращать внимание на создание в помещениях биологически здорового микроклимата. Одним из способов достижения этой цели является применение природных строительных материалов.

Все ресурсы, особенно невозобновляемые, ограничены, поэтому их необходимо экономить при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий (табл. 6.2).

## **6.2. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЗДАНИЯ. ПОНЯТИЕ ОБ ЭКСЭРГИИ**

Здания с максимальным использованием выделяемой внутри них тепловой энергии и максимальной защитой от потерь теплоты через наружные поверхности и вентиляцию называются энергосберегающими, энергоэкономичными или энергоэффективными (рис. 6.2). Для анализа эффективности сбережения энергии используется понятие эксэргии — воплощенной энергии, т. е. полезной доли затраченной энергии. Значения эксэргии рассматриваются при сопоставлении вариантов зданий на всех этапах — начиная от добычи материалов, изготовления строительных деталей и вплоть до разборки и повторного использования материалов и элементов. Более эффективно то здание, в котором эксэргия максимальна или ее потери в ходе возведения, эксплуатации и разборки здания минимальны. Понятие эксэргии оказалось весьма информативным и начинает широко использоваться в практике.

Для достижения экономии энергии предусматривают:

энергоэффективные объемно-планировочные решения;

использование эффективной теплоизоляции наружных стен;

применение энергосберегающих окон, форточек, жалюзи;

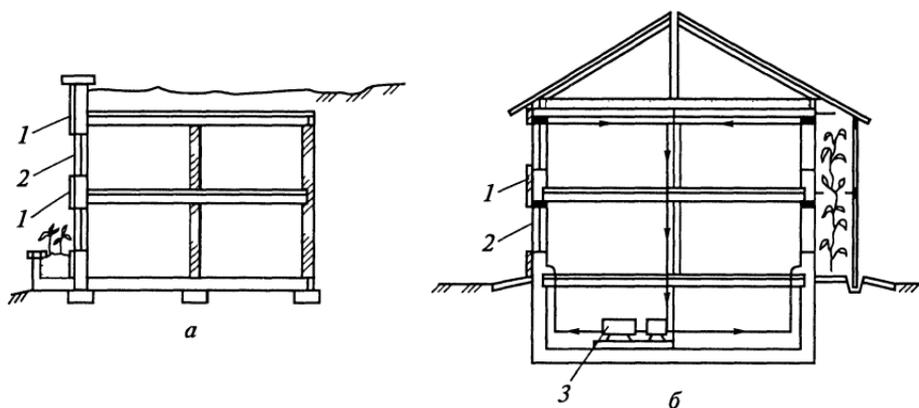


Рис. 6.2. Некоторые типы энергосберегающих зданий:

*a* — здание с односторонним освещением на склоне; *б* — здание с теплицей; 1 — стена с повышенной теплоизоляцией; 2 — энергосберегающие окна, жалюзи, форточки; 3 — устройства энергосберегающей вентиляции и тепловые насосы

устройство на высоту одного-двух этажей зимнего сада; обваловку части здания; устройство кровли-газона, кровли-зимнего сада;

герметичную заделку стыков и щелей, исключение утечек теплоты;

устройство окон с двух смежных сторон здания; выполнение наружных стен с повышенной теплоизоляцией со стороны действия холодных ветров;

утилизацию всей теплоты от внутренних источников (бытовые приборы, люди, теплая вода после употребления и др.);

применение пассивных системы утилизации солнечной энергии;

использование энергонезависимых технологий вентиляции, очистки стоков и др.;

динамическую теплоизоляцию наружных стен.

В будущем должны найти применение светопрозрачная и вакуумная теплоизоляция, стекла в системах пассивного отопления, пропускающие солнечную радиацию в наиболее энергоемкой части спектра, селективные светопоглощающие покрытия, системы автоматики, согласующие действие систем энергосбережения с температурными режимами снаружи и внутри здания. Идеальное энергоэкономичное здание требует использования высоких технологий.

Экономия энергии начинают на этапе выбора объемно-планировочных решений, направленных на максимальное снижение потерь теплоты через ограждающие конструкции. Окна в доме лучше всего размещать с солнечной стороны; здание в плане должно

иметь простую форму, а площадь окон должна быть минимально необходима для освещения; при возможности рекомендуется обваловка стен с северной стороны (рис. 6.3). Для одно- или двухэтажных зданий целесообразно устройство светопрозрачных оранжерей, зимних садов, теплиц с южной стороны на всю высоту стены. Желательно не допускать сквозного проветривания через дверные и оконные проемы, устраивая теплые глухие стены главным образом с холодной северной стороны. Эти мероприятия требуют совершенных конструкций стен, перекрытий, окон и дверей, а также высокого качества работ при строительстве.

Широко применяемый метод теплосбережения — устройство дополнительной теплоизоляции внутри здания или снаружи. Последнее более эффективно. Для теплоизоляции применяют готовые панели из искусственных (пенополистирол, пенополиуретан, пенополивинилхлорид, легкие бетоны и др.) или естественных (древесно-волоконистые плиты, войлок, пробка, минеральная вата и др.) материалов, используют последующее оштукатуривание утеплителя по синтетической сетке. Панели крепят на специальных анкерах или на клею непосредственно к стене или же на не-

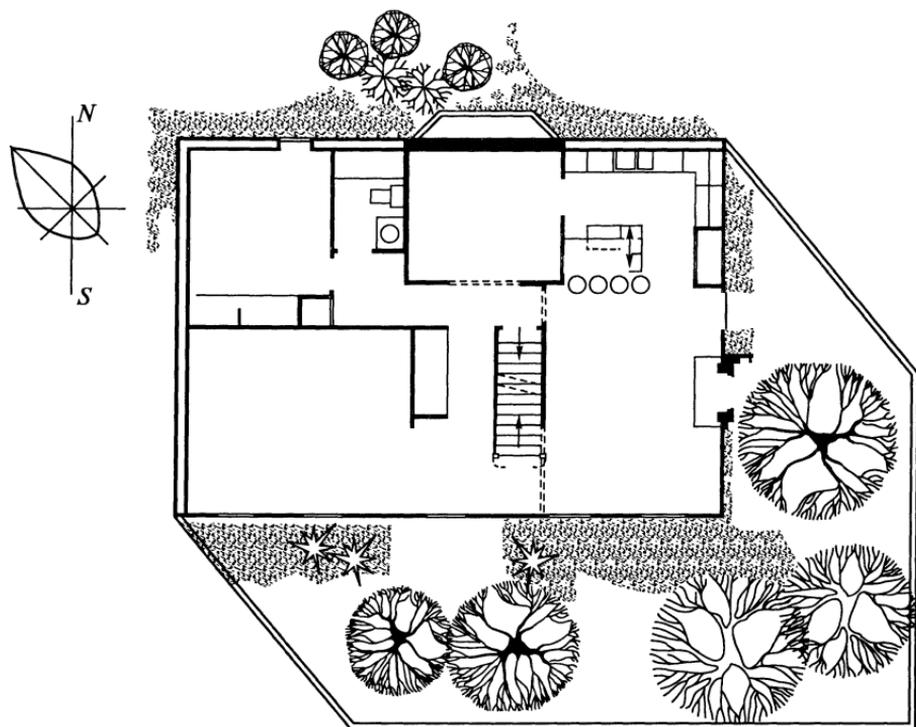


Рис. 6.3. План энергосберегающего здания: «теплая» стена с минимумом проемов со стороны действия холодных зимних ветров, зимний сад и остекленные проемы для ввода света с южной стороны

большом отnose с воздушной прослойкой (вентилируемый фасад). Иногда облицовочные теплоизоляционные панели имеют наружную поверхность, не требующую дополнительной отделки. При мягком рулонном утеплителе или плитах, не имеющих высококачественного наружного слоя, применяют декоративные облицовочные плиты из металла, пластмасс, цемента и др.

Облицовка («сайдинг») может быть полосовой, плитной или крупноразмерной (высотой на этаж, шириной до 1 м, толщиной 6... 12 мм, площадью до 3 м<sup>2</sup>), вентиляруемой, паропроницаемой или паронепроницаемой. Можно совместить теплоизоляцию и облицовку путем изготовления панелей со слоем теплоизоляции; они могут быть несъемной опалубкой при бетонировании стен. В последние годы появились современные легкие панели, в которые при изготовлении вводят минеральный краситель или крошку, что обеспечивает долговечность и хороший внешний вид.

Весьма перспективно нанесение теплоизоляционного штукатурного покрытия, состоящего из теплоизоляционного заполнителя (гранулы пенополистирола, пеностекла, перлита, вермикулита и др.), вяжущего материала, минеральных цветных наполнителей и добавок. «Теплую» штукатурку толщиной до 3... 8 см наносят торкретированием за один-два прохода и покрывают обычной декоративной штукатуркой толщиной 1... 1,5 см. Иногда теплозащитный слой наносят на грунтовку из обычного цементно-песчаного раствора.

При динамической теплоизоляции наружных стен свежий воздух, перед тем как попасть в здание, проходит через сквозные вертикальные полости в стене и нагревается от теплоты, проникающей в стену от пассивных систем солнечного отопления и изнутри здания от систем отопления. Нагретый воздух идет в здание, а после использования проходит через полости в наружных стенах, отдавая им теплоту.

Возможна вторичная утилизация теплоты: приточный воздух в системе вентиляции подогревается в теплообменниках теплым вытяжным воздухом из помещений. Может также утилизироваться теплота печных (топочных) газов. В индивидуальных домах предлагается применять систему воздушного отопления, в которой вытяжной воздух дополнительно подогревается в газовой установке и, проходя через теплообменник, нагревает приточный воздух.

Для утилизации теплоты наружных стен можно пропускать через каналы в них воздух и отбирать затем его теплоту тепловым насосом. Далее эта теплота может использоваться для отопления или поступать в тепловой аккумулятор. Охлажденный после насоса воздух должен направляться в верхнюю часть помещения. Утилизируется также энергия теплых сточных вод.

Как показывают расчеты и опытная эксплуатация, при утилизации всей энергии не требуется дополнительная энергия в тече-

ние всего года для отопления правильно спроектированного энергосберегающего дома [21]. Иногда бывают эффективны нетрадиционные энергосберегающие решения. Так, установка светоотражающих козырьков может дать возможность не использовать или использовать не на полную мощность две трети осветительных приборов в помещении.

### 6.3. ЭНЕРГОАКТИВНЫЕ ЗДАНИЯ

Энергоактивными называются здания, объединенные с устройствами для утилизации возобновляемой энергии.

Гелиоэнергоактивные здания используют солнечную энергию для непосредственного преобразования ее в электрическую, нагревания теплоносителя и преобразования его энергии в электрическую, нагревания воды для горячего водоснабжения зданий, нагревания массивных конструктивных элементов зданий, работы биоэнергетических установок, тепловых насосов [21].

Система отопления должна позволять поглощать солнечную радиацию и преобразовывать ее в теплоту, аккумулировать теплоту ввиду непостоянства радиации, распределять ее в зоны отопления в нужном количестве. Пассивные системы солнечного отопления функционируют благодаря естественным физическим процессам. Для работы активных систем требуются механические установки — насосы, вентиляторы и т. д. Если в пассивной системе используется какая-либо установка, например вентилятор для интенсификации циркулирования теплоносителя, то система называется смешанной.

Основной частью пассивной системы являются конструкции здания (рис. 6.4). Известны следующие типы пассивных систем:

система прямого облучения (рис. 6.5, а), при которой солнечная радиация проходит сквозь оконные стекла, обеспечивающие высокое пропускание лучей с длиной волны 400...3000 нм, но задерживающие инфракрасные лучи с длиной волны около 10 мкм (парниковый эффект). Пришедшие солнечные лучи нагревают пол, стену или чердачные конструкции, обладающие высокой теплоемкостью (например, из темного кафеля) и аккумулирующие энергию;

система «массивная стена» (Тромба—Мишеля) (рис. 6.5, б), представляющая собой толстую стену с одной темной поглощающей поверхностью, которая закрыта стеклом, расположенным на небольшом расстоянии (100... 120 мм) от стены. В верхней и нижней частях стены предусмотрены проемы для циркулирования воздуха, который, нагреваясь от темной поверхности стены, становится легче и перемещается вследствие термосифонной циркуляции. Летом для исключения перегрева используют затеняющие ус-



Рис. 6.4. Общий вид здания с пассивной системой солнечного отопления

тройства, а в ночное время для сокращения потерь теплоты стекло закрывают трансформируемой теплоизоляцией. Модификацией системы «массивная стена» является система типа оранжереи, при которой за массивной стеной размещают помещение, отапливаемое за счет конвекции от массивной стены;

система «водозаполненная стена» (рис. 6.5, в), выполняемая из водозаполненных нагреваемых солнцем контейнеров, водозаполненных труб или термодиодов — двух вертикальных контейнеров, разделенных термоизоляцией и сообщающихся вверху и внизу, причем нагретая в наружном контейнере вода проходит во внутренний контейнер толщиной около 250 мм;

система «водоналивная крыша» (рис. 6.5, г), при которой поверх настила укладывают наполненные водой баллоны из черного материала толщиной около 200 мм, закрываемые в ночное время трансформируемыми теплоизолирующими экранами. Солнце нагревает воду, а та благодаря своему большому объему (более 100 м<sup>2</sup>) нагревает здание. Для циркуляции воды может быть установлен насос. В летний период вода ночью охлаждается, а днем при закрытых экранах охлаждает здание;

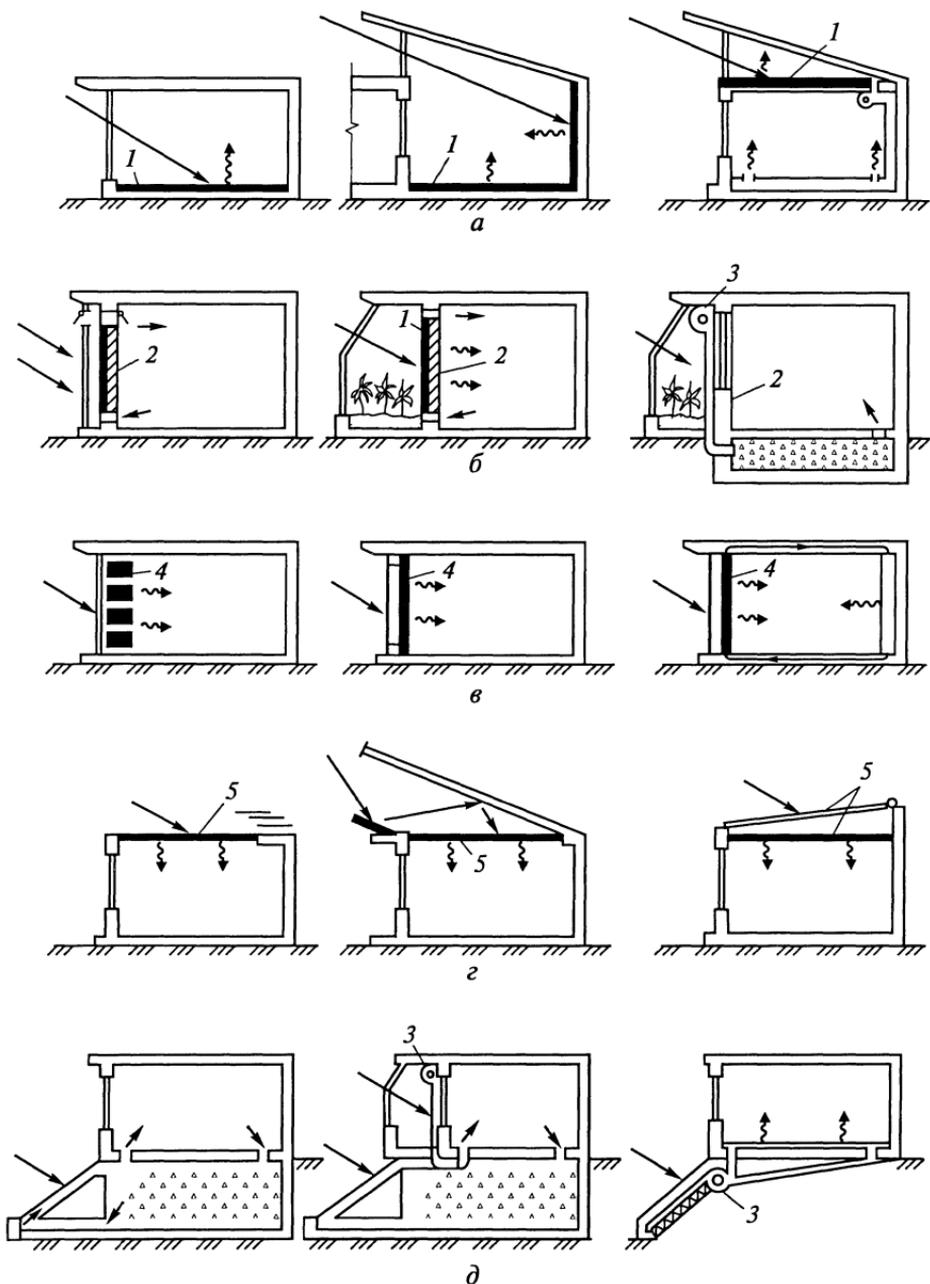


Рис. 6.5. Схемы пассивных систем солнечного отопления:

*a* — прямого облучения; *б* — «массивная стена»; *в* — «водозаполненная стена»; *г* — «водоналивная крыша»; *д* — термосифонных; 1 — зачерненная поверхность; 2 — массивная стена; 3 — насос; 4 — водозаполненные конструкции; 5 — нагреваемая солнцем поверхность (прямыми стрелками показано направление солнечных лучей, волнистыми — направление теплого воздуха)

термосифонные системы (рис. 6.5, *д*), при которых устройство для нагревания воздуха площадью 30... 50 % от площади пола здания (тепловой коллектор) расположено ниже теплового аккумулятора, что позволяет эффективно его нагревать.

При всех пассивных системах должно быть предусмотрено автоматическое регулирование температуры. Они широко используются в одноэтажных зданиях, но могут быть применены и в незатененных многоэтажных. Системы пассивного отопления могут способствовать созданию выразительного облика здания (см. рис. 6.4).

Имеются различные модификации стен для пассивного солнечного отопления. Например, в Варшаве возведен полностью автономный двухэтажный дом, в котором использованы панели стен *RoomSol*. Внутри этих панелей устроены наклонные каналы из теплоизолирующего материала, которые при нагревании стены солнцем передают тепло внутрь помещения, а ночью работают как хорошая теплоизоляция, затрудняющая теплопередачу наружу здания.

Здания с активными системами, предназначенными для тепло- и холодоснабжения, принято называть гелиоэнергоактивными [21]. При проектировании к ним предъявляют требования незатеняемости, рациональности формы и ориентации.

В целях повышения энергетической экономичности целесообразно создание зданий с энергетически эффективной формой. Для этого делают внешние или внутренние гелиоконцентраторы (отражатели), концентрирующие солнечную энергию на гелиоколлекторе, устраивают дополнительные отражатели на трансформируемых защитных створках фонарей, смежных зданиях, выносят гелиоколлектор большой площади за пределы здания — на склон (рис. 6.6); применяют слежение (вращение) энергоактивного здания или коллектора за солнцем.

Гелиоколлекторы могут быть плоскими или фокусирующими. Плоские коллекторы применяют в случае потребления сравнительно низкопотенциальной энергии или в сочетании с тепловыми насосами, фокусирующие — при необходимости получения более высоких температур или для энергоустановок, в которых рабочим телом является кипящая жидкость.

Плоские гелиоколлекторы представляют собой тепловоспринимающие панели, в которых нагревается рабочее тело — теплоноситель, подаваемый с температурой, на несколько градусов меньшей, чем температура внутри панели, и идущий после нагревания в систему теплоснабжения. В качестве теплоносителя используются вода, антифриз или водный раствор глицерина (глизантин), не вызывающий коррозии.

Разновидность плоских гелиоколлекторов — плоские солнечные адсорберы непрозрачного типа, тепловоспринимающим элементом которых служит стальной лист, заменяющий кровельное по-

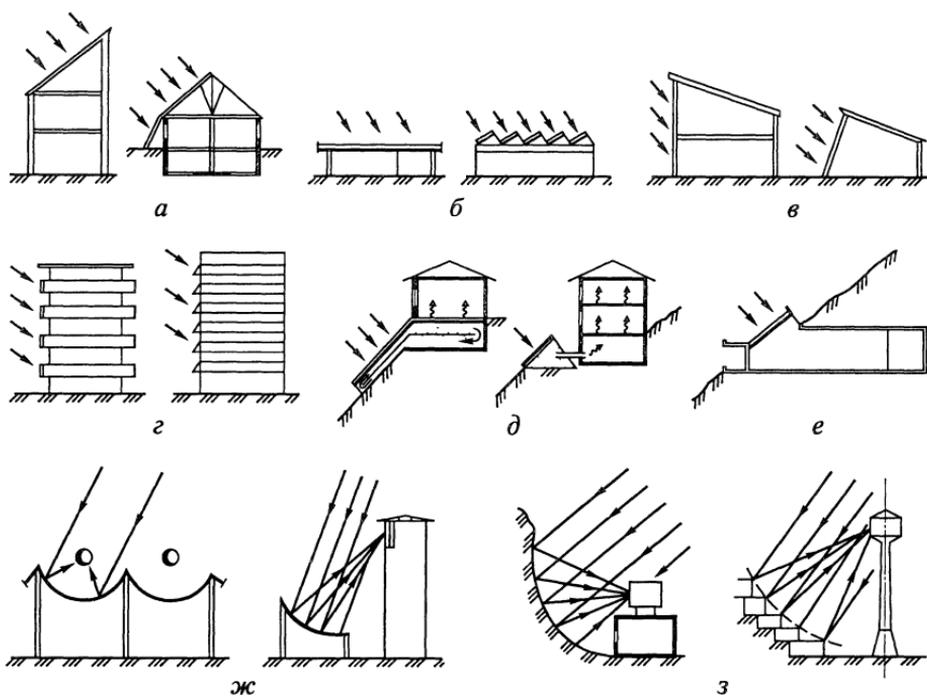


Рис. 6.6. Активные системы: гелиоколлекторы на кровле (а, б), стенах (в), экранах лоджий (г), у зданий на склоне (д, е); гелиоконцентраторы на кровле (ж) и поверхности склонов (з)

крытие. К листу приварены или прижаты трубы прямоугольного сечения, по которым движется теплоноситель. Стальные штампованные гелиоколлекторы избавлены от недостатков, присущих прозрачным конструкциям: их не надо очищать, ремонтировать при разрушении остекления. Фокусирующие коллекторы содержат концентраторы солнечной энергии. Отличаются хорошей производительностью линейные коллекторы параболического очертания, фокусирующие солнечные лучи на трубе с теплоносителем.

В качестве гелиоколлекторов могут быть использованы пространственные покрытия зданий: двухслойные мембранные (с воздухом в качестве теплоносителя, прокачиваемым сквозь нагреваемый зазор между мембранами), пологие армоцементные оболочки; складки, образующие замкнутые полости, в которых циркулирует теплоноситель — воздух или вода. Для размещения гелиоколлекторов на здании пригодны любые конструкции кровель (скатная, плоская, в форме оболочки), а также ограждения балконов. В странах с жарким климатом и сильной инсоляцией гелиоколлекторы можно устанавливать вертикально на наружных стенах.

При строительстве экологических энергоактивных зданий обычно не ограничиваются каким-то одним энергоэкономизирующим мероприятием. Примером может служить шестиэтажный дом в новом экологичном жилом квартале Осло. Помимо устройства гелиоколлектора площадью 240 м<sup>2</sup> на кровле при создании дома было использовано множество других интересных решений: аккумуляция теплоты; пассивная система солнечного отопления с южной стороны здания; теплая стена почти без проемов с более холодной северной стороны; сбор и очистка дождевой воды с твердых покрытий; небольшой пруд для очистки «серой» воды с небольшим каскадом для обогащения ее кислородом, подземный гараж (рис. 6.7). Для большей надежности площадь гелионагревателей в два раза превышает требующуюся.

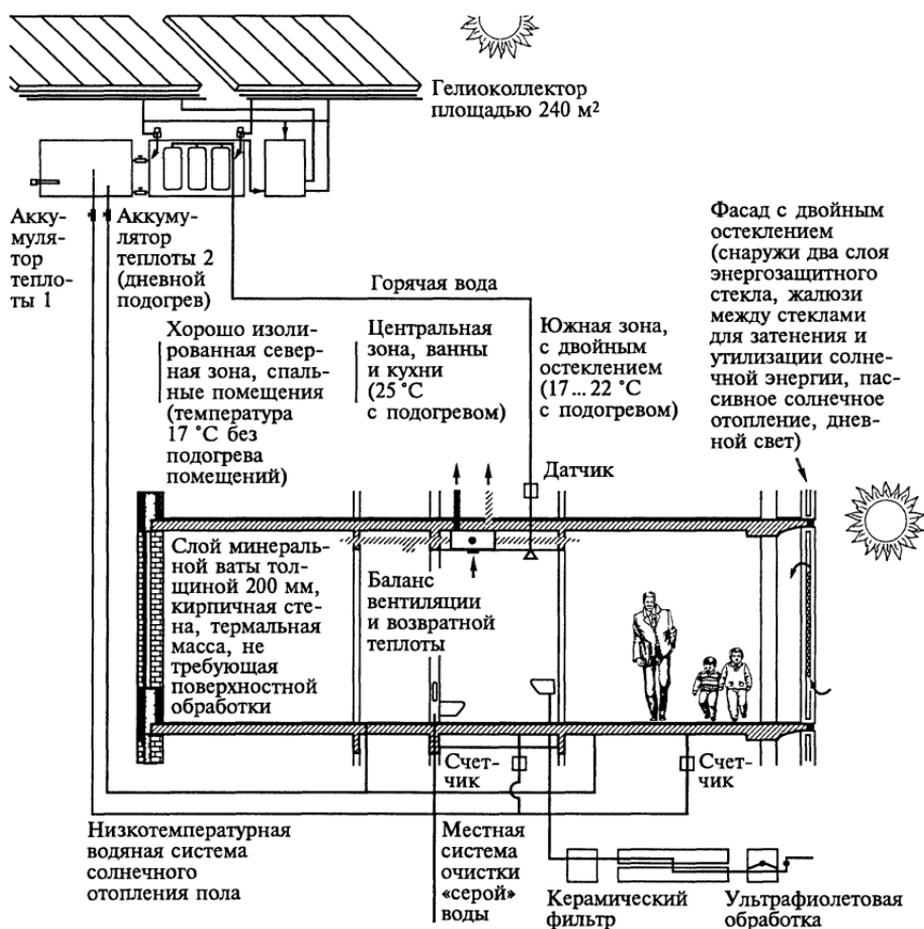


Рис. 6.7. Энергоактивный и энергосберегающий дом в жилом квартале Осло

Для сглаживания суточных и других колебаний температуры в контуре гелиоколлектора тепловую энергию аккумулируют в специальных баках-аккумуляторах. Работа аккумулятора может быть основана на теплоемкостных процессах в жидком или твердом наполнителе (энергия накапливается за счет теплоемкости наполнителя), фазовых переходах (накопление энергии при плавлении наполнителя и ее выделение при затвердевании), а также термохимических процессах (накопление энергии при прохождении эндотермических реакций и ее выделение при экзотермических реакциях). Наибольших объемов требуют теплоемкостные аккумуляторы, наименьших — аккумуляторы с фазовыми переходами.

Фотоэлектрическая энергия обычно используется для энергообеспечения автономных потребителей небольшой мощности. Производство ее постоянно растет. Идет быстрый процесс совершенствования конструкций солнечных батарей (от плоских до пленочных, от непрозрачных до почти полностью прозрачных); в связи с этим растет их экономичность. В некоторых странах солнечная энергетика является одним из стратегических направлений развития энергетики, предусматривающим замену традиционных источников на возобновляемые. При массовом возведении небольших зданий с солнечными батареями они совместно могут вырабатывать достаточно большое количество энергии, которое днем невозможно использовать. Чтобы не применять несовершенные аккумуляторы, эту суммарную электроэнергию преобразуют в промышленный ток, направляемый в городские сети через счетчик. Затем, по мере надобности, здания потребляют электроэнергию из внешних сетей, которую они как бы «запасли».

Рационально размещать солнечные электростанции (СЭС) непосредственно на крышах жилых домов. Местом установки СЭС могут быть также любые вертикальные, наклонные и горизонтальные поверхности; эффективность солнечного облучения вертикальных и горизонтальных поверхностей снижается не более чем на 20... 30 % по сравнению с наклонными. СЭС площадью 120 м<sup>2</sup> полностью обеспечивает энергетические потребности индивидуального жилого дома.

Для увеличения количества и, следовательно, снижения стоимости вырабатываемой СЭС электроэнергии применяют концентраторы солнечного излучения, устраивая СЭС в виде поля концентраторов с приемниками на кристаллических фотопреобразователях. Эти СЭС целесообразно совмещать со структурными конструкциями покрытий и солнцезащитных экранов, устанавливая концентраторы внутри ячеек структурной конструкции. С каждым годом строятся все более мощные СЭС, занимающие большие поверхности крыш. Так, в Германии возведено здание с солнечными батареями новой конструкции площадью 10 000 м<sup>2</sup>. В них фотоэлектрические ячейки занимают только часть стеклянной

панели, а остальная часть прозрачна. Такие панели стоят и в ограждениях лоджий.

Интересным направлением в гелиоэнергетике является применение ламп ночного освещения, работающих на аккумуляторах, которые днем заряжаются от гелиобатарей. На вершине опоры размещается круглая в плане плоская солнечная батарея, а внутри опоры — экономичные аккумуляторы. Под батареей располагаются две лампы: одна — слабая, которая светит непрерывно, и более мощная, включающаяся только при приближении человека к лампе. Такие осветительные приборы не зависят от внешних источников энергии.

Новым шагом в направлении создания полифункциональных сооружений, формирования среды обитания в домах с учетом природно-климатических условий являются гелиокомплексы. Они состоят из нескольких взаимосвязанных локальных комплексов, в которые могут входить жилые здания, гелиосистемы (например, располагаемые на прилегающих склонах), промышленные и научные объекты.

Ветроэнергоактивные здания — это жилые производственные или сельскохозяйственные здания, выполняющие дополнительную функцию производства полезной энергии (электрической, механической, тепловой) преобразованием энергии ветра ветровыми колесами, размещенными в здании. Форма зданий может способствовать их более эффективной работе. На формирование ветровых потоков влияют некоторые местные факторы: рельеф местности, водоемы, прибрежные зоны моря и суши, общие и местные циркуляционные процессы в атмосфере. Энергия ветра зависит от солнечной энергии, часть которой преобразуется в ветровую. Примерный потенциал ветровой энергии составляет 40 ТВт, тогда как в настоящее время человечество потребляет около 10 ТВт в год. Энергия ветра исключительно неравномерно распределена по поверхности Земли; имеются устойчивые и меняющиеся ветровые потоки, причем существенное влияние на их скорость и направление оказывают застройка, особенно многоэтажными зданиями, а также озеленение поверхности земли и зданий (шероховатость поверхности).

Инженерно-экологическая оценка ветровой энергии производится с учетом данных о направлении ветра, распределении его скорости по времени и высоте, влияния региональных факторов (рельеф, микрорельеф, строящиеся здания). Для строительства ветроэнергоактивных зданий благоприятна скорость ветра 3... 10 м/с при повторяемости около 60... 90 %. Велико влияние на скорость ветра рельефа местности, особенно на небольших высотах над поверхностью земли. Так, поправочный коэффициент при скорости ветра 3... 5 м/с для открытого ровного места составляет 1, для открытых возвышенностей — до 1,6... 1,7, для дна не продуваемых ветром ложин — 0,6 и менее.

Проектирование ветроэнергоактивных зданий ведут в таком порядке: определяют участки, наиболее обеспеченные ветровой энергией, учитывая наличие или отсутствие аэродинамического затенения другими зданиями, а также розу ветров; анализируют целесообразность создания аэродинамических русел с учетом рельефа местности для концентрации ветрового потока; изучают возможность концентрации ветрового потока и усиления аэродинамического эффекта путем рационального размещения вновь строящихся зданий; проектируют часть или все здание такой формы, чтобы оно позволяло улавливать и концентрировать большой ветровой поток; изучают возможность полифункционального исполнения лопастей ветротурбины; анализируют возможность выполнения других НВИЭ в проектируемом здании.

Основным рабочим органом ветроэнергоактивного здания является ротор, который через механическую передачу приводит во вращение генератор. Ввиду непостоянства действия ветра в ветроэнергоактивных зданиях следует предусматривать устройства, аккумулирующие энергию.

Здание может служить опорой для размещения ветровой установки над его кровлей. Ветроустановку и кровлю можно сделать полифункциональными, например разместить на кровле гелиоколлектор, а ветроустановку использовать для перекачивания теплоносителя (воды, воздуха и др.) в энергосистему здания. Другим полифункциональным решением является использование лопастей ветроколес в качестве конструктивных защитных элементов — зенитных фонарей, колпаков, створок защиты проемов и др.

Чаще всего применяют ветроколеса с горизонтальной осью вращения (пропеллерного типа) и диаметром ротора до 40 м. Ветроколеса с вертикальной осью вращения используют реже, так как они имеют ряд недостатков (необходимость принудительного разгона до определенной частоты вращения и др.). Однако такие ветроколеса лучше вписываются в конструкции энергоактивных зданий. Эффективность работы ветроколес можно повысить увеличением площади тех лопастей, на которые давит ветер, и сокращением площади остальных. Для этого предлагаются складывающиеся лопасти или лопасти с клапанами. Складывающиеся лопасти могут быть свободными или в рамках, причем для их складывания и разворачивания не требуются специальные приспособления — достаточно усилия ветра. В рабочее положение лопасти разворачиваются под действием ветра и дополнительного небольшого усилия пружин. Для увеличения вращающего момента лопасти должны быть отнесены от оси вращения на 5... 20 м. Ветроагрегат такого типа может приводить в действие гидронасос, если ветроколесо при вращении будет совершать небольшие вертикальные перемещения. Для этого на ветроколесо вблизи оси вращения

устанавливают катки, которые при вращении катятся по криволинейному копиру, совершая гармонические колебания.

Ветроколесо с поворачивающимися лопастями может быть встроено в круглый в плане жилой дом. Такое ветроколесо можно использовать для выработки электроэнергии, подачи воды в бак на крыше здания, привода лифтов. В перспективе эффективно создание ветроколес с разворачивающимися лопастями парусного типа, имеющими очень малую массу. Они разворачиваются автоматически при скольжении рычага привода разворачивания по криволинейному копиру на оси вращения. Представляют интерес проекты ветроагрегатов с машущими лопастями, обеспечивающих возвратно-поступательное перемещение поршня гидронасоса. Для размещения таких ветроагрегатов требуется совсем малая площадь земли. Лопасти поворачиваются в рабочее положение в верхней и нижней точках автоматически с помощью рычагов, соприкасающихся со специальными упорами.

Автор предлагает новый тип ветроагрегата (например, для индивидуального пользования) с отсутствием наружных движущихся частей (рис. 6.8, *а*), что делает его более безопасным. Благодаря концентрации ветрового потока и малой массе вращающегося ветроколеса он может использоваться при небольших скоростях ветра. Такой ветроагрегат легко установить на крыше дома (рис. 6.8, *б*). На базе трех ветроагрегатов может быть создан цветомузыкальный комплекс со звучащими органными трубами, цветовым сопровождением и насыщением воздуха ароматическими веществами (рис. 6.8, *в*). Последовательность подачи сжатого воздуха в трубы и включения цветных лампочек может регулироваться с помощью сменяемых валов с эксцентриками и выключателями. Ветроагрегаты могут служить источниками энергии для экологических фонтанов (рис. 6.8, *г*), а также использоваться в качестве экологических компонентов сооружений, входящих в состав учебно-воспитательных комплексов.

Гидро- и геотермоактивные здания используют тепловую энергию глубинных слоев грунта и воды со слабым сезонным и суточным изменением температуры и энтальпии. Колебания температуры уменьшаются с увеличением глубины от верхней (дневной) поверхности. Ресурсы этой энергии ориентировочно эквивалентны энергии, выделяющейся при сжигании 100 млн т условного топлива в год.

Одним из видов тепловой энергии является энергия геотермальных вод, залегающих в ряде регионов земного шара, в частности в Исландии, США (Калифорния), Японии, России (Камчатка), Украине. Бурение скважин в местах залегания геотермальных вод позволяет получить пар с температурой 200...400 °С, который можно использовать для выработки электроэнергии, а также в системах теплоснабжения. Обычно вода из гидротермального

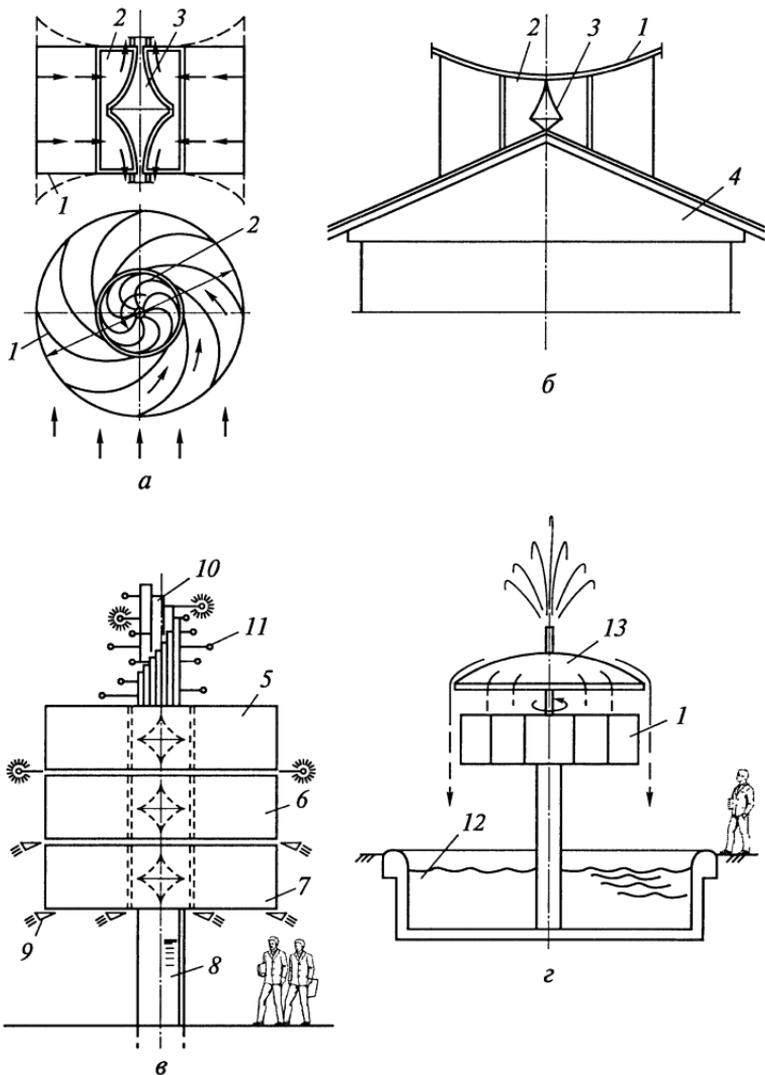


Рис. 6.8. Ветроколесо с неподвижным наружным концентратором (а) и его использование в индивидуальном доме (б), экологичном цветомузыкальном комплексе (в), экологичном фонтане (г):

1 — неподвижный концентратор; 2 — вращающееся ветроколесо; 3 — неподвижный отражатель ветрового потока; 4 — кровля дома; 5 — ветроагрегат, подающий сжатый воздух на трубы органа; 6 — ветроагрегат, вырабатывающий электроэнергию для цветных лампочек; 7 — ветроагрегат, подающий сжатый воздух на пульверизатор; 8 — бак с ароматическим раствором; 9 — распыриватель целебного раствора; 10 — орган; 11 — лампочки; 12 — бассейн; 13 — фонтан

источника не может быть подана непосредственно в теплообменную систему здания, поэтому отбор тепловой энергии осуществляют через вторичный контур и теплообменник.

Другой способ использования теплоты недр — бурение глубоких скважин, достигающих пород с высокой температурой, и отбор теплоты с помощью теплоносителя (воды).

Указанные способы применимы не для всех территорий. Теплоэнергоресурсы участков земли, прилегающих к зданию, зависят от геологического строения, водосодержания пород, теплоемкости (рост теплоемкости грунта пропорционален увеличению водосодержания) и теплопроводности грунтов, экологически безвредных масштабов извлечения теплоты из грунта, сезонных изменений температуры в грунте.

Толщина слоя грунта, служащего доступным аккумулятором геотермальной энергии низкого потенциала, как правило, не превышает 10... 20 м. Эффективное использование разности температур наружного воздуха и грунта на небольшой глубине (или воды в водоеме — море, реке) возможно при применении тепловых насосов (см. ниже), повышающих температурный потенциал теплоносителя — воды — до уровня, обеспечивающего обогрев зданий в зимнее время. В России есть организации, которые проектируют и строят системы такого типа для отопления небольших зданий — малоэтажных домов, школ и т.д. Уже есть примеры использования геотермальной энергии и для многоэтажных домов.

Для оценки эффективности размещения энергоактивного здания, использующего гидро- или геотермальную энергию, необходимо проанализировать площадку строительства с точки зрения возможности применения других НВИЭ. Одновременно должна быть определена возможность размещения внешнего гео- или гидротермального коллектора, чтобы соседние здания позволяли получить необходимую площадь внешнего коллектора в плане.

Отбор энергии из теплого массива грунта под зданием осуществляется через теплообменник, представляющий собой систему труб с энергоносителем — воздухом, водой или иной жидкостью. В верхней зоне, соприкасающейся с холодным воздухом, массив грунта, служащий для отбора энергии, теплоизолируется, а для улучшения теплообменных свойств он может быть частично заменен гравием, щебнем. Теплоемкость искусственного массива увеличивают его внешней теплоизоляцией и последующим заполнением водой. Энергетический потенциал массива грунта может быть повышен за счет циркуляции в нем теплоносителя, нагреваемого, например, гелиоколлектором или другим устройством, использующим возобновляемую энергию. В этом случае искусственная насыпь играет роль аккумулятора энергии. При выполнении насыпи с откосами вокруг здания ее следует теплоизолировать со всех сторон кроме южной. С этой стороны на поверхности насыпи устанавливают гелиоколлекторы. Теплота от гелиоколлекторов может поступать в массив грунта, или в воздушные каналы к стенам здания, или через каналы прямо в здание.

Большой эффект может дать улавливание (и последующая утилизация) теплоты, уходящей в окружающую среду из систем отопления, вентиляции, кондиционирования, горячего водоснабжения, выделяемой технологическими агрегатами (промышленные печи, генераторы), остывающей продукцией и др. Энергоактивные здания используют тепловую сбросную энергию ТЭЦ, промышленных предприятий. Могут быть утилизированы самые незначительные тепловыделения, например бытовых приборов, людей в здании. Для утилизации служат теплообменники, каналы с теплоносителями, тепловые насосы.

Энергию приливов и отливов, а также волновую энергию можно утилизировать, размещая соответствующие устройства на шельфе или в волноотбойных стенах и берегозащитных сооружениях. К таким устройствам относятся поплавки, перемещающиеся по вертикали относительно неподвижных опор (отдельных стоек, опор здания на шельфе), либо шарнирно соединенные между собой или со зданием (сооружением). Они могут использоваться для привода электрических генераторов, насосов.

Тепловые насосы в энергоактивных зданиях служат для утилизации разных видов тепловой энергии, повышения ее потенциала (например, для организации систем геотермального отопления или утилизации внутренней теплоты в зданиях). Они отличаются высокой эффективностью и малым потреблением электроэнергии. Тепловые насосы могут быть компрессионными (последовательное сжатие и расширение рабочего тела — воздуха или пара), сорбционными (последовательное осуществление термохимических процессов сорбции, т. е. поглощения сорбентом рабочего вещества, и десорбции — выделения его), термоэлектрическими (выделение и поглощение теплоты при прохождении через спаи материалов электрического тока). Наибольшее развитие в будущем, видимо, получают парокомпрессионные тепловые насосы.

Парокомпрессионный тепловой насос состоит из испарителя, компрессора с приводным двигателем, конденсатора и дроссельного вентиля. Компрессор засасывает из испарителя пары рабочего тела, сжимает их и подает в конденсатор. При сжатии паров в компрессоре повышается их температура. В конденсаторе пары конденсируются и отдают теплоту, которая отводится для использования. Рабочее тело поступает в жидком виде из конденсатора в испаритель через дроссельный вентиль, снижающий давление. В испарителе рабочее тело превращается в пар при более низкой температуре по сравнению с конденсацией. Для испарения рабочего тела необходима теплота, которая подводится к испарителю, например от гелиоколлектора или наружного воздуха.

Эффективность процесса работы теплового насоса повышается при уменьшении разницы температур конденсатора и испарителя. Для этого температура теплоносителя (воды) в системе горячего

водоснабжения и отопления должна быть как можно ниже (около 45... 50 °С). В целях минимизации расхода электроэнергии на работу теплового насоса необходимо подбирать температуру испарения с учетом температуры наружного воздуха.

В биоэнергоактивных зданиях используется биомасса (деревья, трава, кустарники, водоросли, отходы сельскохозяйственного производства, в том числе животноводства, птицеводства, промышленные и бытовые отходы, бытовые сточные воды), представляющая собой мощный аккумулятор солнечной энергии. Биомасса служит исходным продуктом для образования биогаза (реже — жидкого топлива, получаемого сжижением). Для получения биогаза могут использоваться как продукты фотосинтеза (растения, водоросли и др.), так и бытовые отходы, сточные воды, органические отходы пищевой и текстильной промышленности и сельскохозяйственного комплекса. Биотехнологическое преобразование осуществляется ферментативным разложением биомассы микроорганизмами в анаэробных условиях (без доступа воздуха). Биогаз на 50... 80 % состоит из метана и на 50... 20 % из углекислого газа. Даже при низкой концентрации органических веществ в воде из нее рационально извлекать биогаз. Конверсия энергии при его получении очень велика (более 80 %). В процессе получения биогаза минерализуются фосфор и азот — основные компоненты удобрений, и эффективно очищается сточная вода.

Биогаз получают в установках, основной частью которых является реактор (метантенк) (рис. 6.9), вместимостью от нескольких единиц до нескольких тысяч кубических метров. Реактор играет

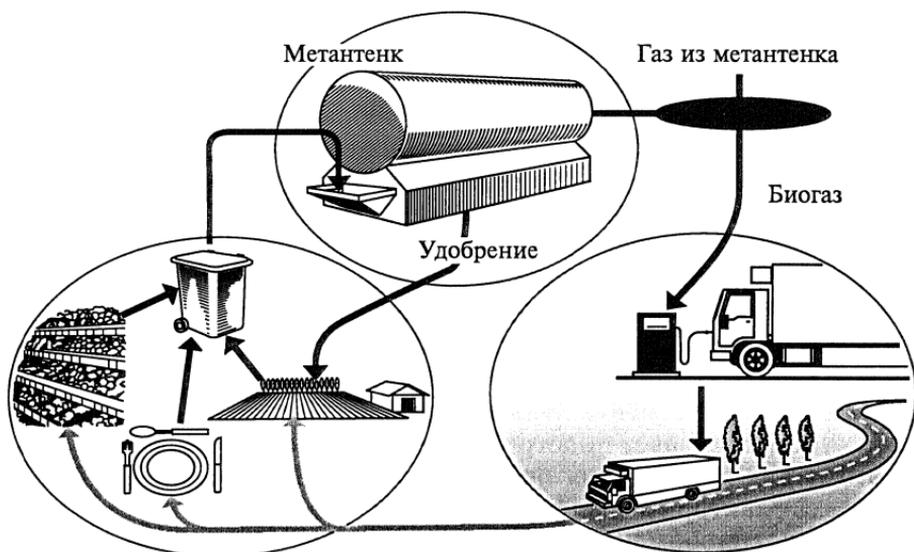


Рис. 6.9. Цикл получения и использования биогаза

роль бродильной камеры, в которую ежедневно загружают свежий субстрат (биомассу), обеспечивая нужную температуру брожения, равномерное перемешивание массы и опорожнение от шлама (при этом оставляют небольшую часть затравочного шлама). Образующийся в реакторе газ поступает в газгольдер. Реакторы, изготовляемые из железобетона, металла, пластмасс, должны быть герметичны, непроницаемы для жидкости, прочны, теплоизолированы, их внутреннее пространство должно быть доступно для обслуживания.

В реакторах жидкость и твердые вещества должны равномерно перемешиваться с помощью механических мешалок (в том числе с приводом от ветродвигателей), струй жидкости или газов брожения. Газ, поступающий в газгольдеры высокого или низкого давления, требуется очищать от сероводорода и при необходимости сжигать. Биогаз может использоваться в горелках систем отопления, стандартных водонагревателях, газовых плитах, двигателях внутреннего сгорания, холодильных машинах абсорбционного типа.

Комплекс, включающий в себя реакторы с системами загрузки биомассы, ее перемешивания, сепарации газа, удаления шлама, а также блок аккумуляции газа (газгольдер), целесообразно проектировать с учетом совмещения функций несущих и технологических конструкций. Эти комплексы лучше всего располагать в местах постоянного накопления биомассы — на предприятиях по переработке продуктов, древесины, в жилых микрорайонах, на очистных сооружениях, в агропромышленных комплексах. Они могут быть самыми разными по размерам — от небольших (на один-два индивидуальных дома) до крупных (на несколько домов). Наилучшей формой реактора с точки зрения прочности, отвода осадков, удобства перемешивания биомассы и разрушения плавающей корки признана яйцеобразная, однако при изготовлении резервуаров из железобетона ее получение весьма трудоемко. В цилиндрическом резервуаре условия перемешивания и разрушения плавающей корки хуже, но он более технологичен.

Система биоконверсии (конверсии биомассы в биогаз) может быть проточной (непрерывной или полунепрерывной) или прерывистой. Реакторы могут быть выполнены не только в виде бродильных камер, горизонтальных резервуаров, но и в виде траншей. Самая простая вырытая в грунте траншея с наклонным дном позволяет обрабатывать большое количество субстрата. Подаваемый субстрат следует подогревать в целях обеспечения брожения, поэтому для исключения потерь теплоты надо хорошо теплоизолировать реактор. В зимнее время подогрев обеспечивается подачей через теплообменники горячей воды с температурой не выше 60 °С, может использоваться отходящая теплота технологических установок (теплота удаляемого дыма, сбросовых вод ТЭЦ, возду-

ха из систем вытяжной вентиляции горячих цехов, энергетических агрегатов) или гелиоколлекторов.

Ввиду эффективности конверсии биомассы в биогаз и необходимости строительства комплексов с реакторами и газгольдерами в местах сооружения зданий различного назначения рекомендуется совмещать эти сооружения в единое биоэнергетическое здание — обычное здание сельскохозяйственного, лесохозяйственного, производственного, социального, жилого назначения со встроенным в него комплексом по конверсии биомассы в биогаз и установками по использованию биогаза для снабжения здания теплотой и энергией.

## **6.4. ЭКОЛОГИЧНЫЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ**

Экологичные водопотребление и вентиляция обеспечивают экономию ресурсов, снижение энергетических затрат. Эффективным направлением экономии пресной воды является снижение ее расхода за счет сбора и повторного использования (например, для смыва в туалетах) дождевой воды и воды из ванн, душей (иногда из моек кухонь). Эта «серая» вода должна быть собрана и очищена от загрязнений. Для сбора воды используются трубы, направляющие «серую» воду с твердых покрытий и из ванн в резервуар (установленный под землей или в подвале). После сбора «серой» воды ее подвергают очистке, для чего используют традиционные методы (очистка в биореакторе, фильтрование, дезинфекция) или применяют «живые машины» — высокопродуктивные небольшие пруды, в которых загрязненная вода медленно протекает сквозь пористый грунт и при этом очищается почвенной флорой и фауной. Для насыщения этой воды кислородом можно устроить искусственный декоративный водопад, как, например, это сделано в новом экоквартале Осло.

В зимнее время в резервуар будет поступать только вода из ванн, поэтому размеры резервуара должны позволять накапливать большой объем дождевой воды в период ее поступления в целях последующего использования в зимнее время. Недопустимо использование талой воды с покрытий дорог в случае ее загрязнения веществами для ускоренного таяния снега. После очистки эта вода может применяться для смыва в туалетах, для полива растительности во дворе. При проектировании систем сбора «серой» воды нужно проанализировать качество дождевой воды. С территорий с плохим качеством воздуха будет собираться загрязненная дождевая вода. В некоторых районах, где идут кислые дожди, повторное использование дождевой воды нежелательно. Если в области сбора много деревьев, собранная дождевая вода будет содержать боль-

ше загрязнителей и может быть коричневатой (из-за дубильных кислот). В местах с жесткой водой использование дождевой воды предпочтительно ввиду ее мягкости, хорошей очищающей способности, малого образования накипи, что важно для приборов типа водных нагревателей.

Объем сбора дождевой воды для обеспечения потребностей жителей дома зависит от количества ливней в данной местности, размера области сбора, размера объема резервуаров для хранения воды и от потребностей в воде. Система сбора дождевой воды обычно включает в себя крышу, желоба, водосточные трубы, трубопроводы, устройства для фильтрации, хранения (цистерны) и распределения воды. Самую высокую стоимость в большинстве систем сбора дождевой воды имеют устройства для ее хранения. Лучшими материалами для крыши при сборе воды являются керамические, металлические и бетонные покрытия (типа плитки или цемента с волокном). Материалы с асбестом не рекомендуются, потому что асбест может попасть в воду. Желоба и водосточные трубы должны быть соразмерны крыше и интенсивности ливня. На входе воды в трубы нужны сетчатые заграждения, чтобы листья и мусор не попали в цистерну, а также устройство отклонения первого грязного потока воды во время ливня. Цистерны могут быть возведены непосредственно на участке из бетона, железобетона, камня или уплотненного грунта. Внутренняя поверхность цистерн должна быть водонепроницаема. Чтобы предотвратить рост водорослей при действии солнечного света, используют непрозрачные материалы. Простая фильтрация воды бумажными фильтрами может использоваться при ирригации. В условиях чистой природной среды дождевая вода после дополнительной обработки может быть пригодна для питья, принятия ванны или душа.

Для использования «серой» воды должна быть установлена двойная система труб, чтобы отделить ее от «черной» воды, которая поступает после смыва туалета.

Уменьшают водопотребление водоэффективные приборы, например сухие (безводные) туалеты, «умная» сантехническая аппаратура, своевременно отключающая воду, трубы малого диаметра, экономичные фонтанчики для питья и др.

Одним из новых ресурсосберегающих направлений является устройство естественной принудительной вентиляции, позволяющей увеличить кратность воздухообмена и улучшить качество воздуха без дополнительных энергозатрат. Для этого на коньке кровли устанавливают воздухозаборники в виде дефлекторов-«капюшонов» или же обеспечивают подачу воздуха с помощью небольшого ветроагрегата с вертикальной осью вращения. Дефлекторы-«капюшоны» выполняют из прочной ткани или металла. Они свободно вращаются вокруг своей оси для постоянной ориента-

ции навстречу потоку ветра (подобно флюгеру). Для лучшего визуального восприятия их можно окрашивать в различные яркие цвета. Вид этих дефлекторов на кровле необычен, но к ним надо привыкнуть как к необходимым элементам экологичного здания (подобно гелиоколлекторам и солнечным батареям на кровле). Свежий воздух подается внутрь здания под напором ветра, без использования дополнительной энергии.

Для утилизации теплоты загрязненного внутреннего воздуха, удаляемого при вентиляции из здания, могут использоваться так называемые «дышащие» окна (находят применение в Нидерландах), а также новая система вентиляции. В первом случае прибор для утилизации теплоты удаляемого воздуха устанавливается в окне, а во втором — рядом с окном. Этот прибор представляет собой теплообменник, в котором удаляемый воздух отдает теплоту холодному воздуху с улицы. Для обеспечения медленного движения воздуха в обоих случаях используются два небольших вентилятора. Итогом такого энергосбережения в небольших жилых домах является достижение полной энергетической независимости дома от внешних энергосетей. Вместе с тем при такой вентиляции необходима гарантия чистоты наружного воздуха; в условиях загрязненного наружного воздуха в современных городах требуется его очистка перед поступлением внутрь здания.

При проектировании экологических систем вентиляции необходимо учитывать эффект «каньонов» — протяженных улиц с близко расположенными зданиями, затрудняющими естественный воздухообмен в городе. Иногда на естественный воздухообмен негативно влияет и густая растительность вдоль улиц, особенно в условиях плотной линейной застройки.

Для экономичной естественной вентиляции с использованием солнечной энергии применяют вентиляционные колонны — вертикальные шахты прямоугольного или квадратного поперечного сечения, устанавливаемые на кровле (рис. 6.10). В конструкции этих колонн реализуется эффект образования тяги («самотя-

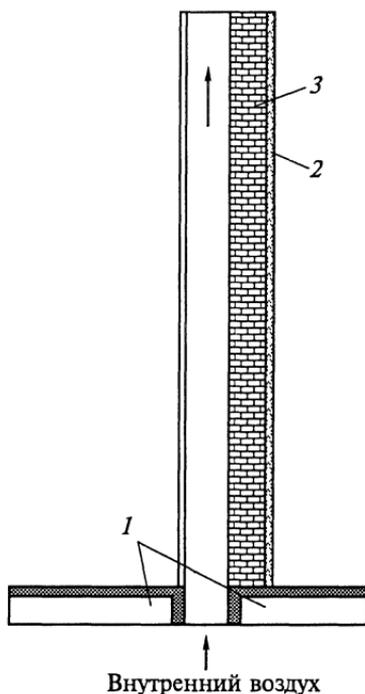


Рис. 6.10. Вентиляционная колонна:

1 — кровельное покрытие; 2 — теплоизоляционный материал; 3 — материал, накапливающий теплоту

ги») вдоль нагретой солнцем внутренней поверхности. Для этого одна из стен колонны должна иметь накопитель теплоты — обычно стальной лист, и теплоизоляцию. Высота колонны, как правило, составляет 1,0...3,0 м, площадь поперечного сечения — 0,1...2,0 м<sup>2</sup>. Массивная стенка колонны ориентирована на юг, чтобы солнечные лучи нагревали ее наилучшим образом.

Для охлаждения внутреннего воздуха может использоваться низкая температура грунта и грунтовых вод под зданием. С этой целью в грунте прокладывают трубы, один конец которых с дефлектором-«капюшоном» располагается над поверхностью грунта среди зелени, а через другой конец свежий наружный воздух входит внутрь здания, будучи охлажденным до температуры грунта ( $\approx 10...15^\circ\text{C}$ ).

## 6.5. ЭКОЛОГИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Экологизация освещенности зданий с экологичной средой предусматривает улучшение ввода естественного света в целях повышения освещенности и снижения расхода энергии. Это достигается устройством специальных светоотражающих козырьков над окнами, которые в сочетании со светоотражающим потолком позволяют ввести дневной свет в отдаленные участки помещений (рис. 6.11).

Улучшение использования дневного света не только позволяет экономить электроэнергию, но и делает более благоприятными

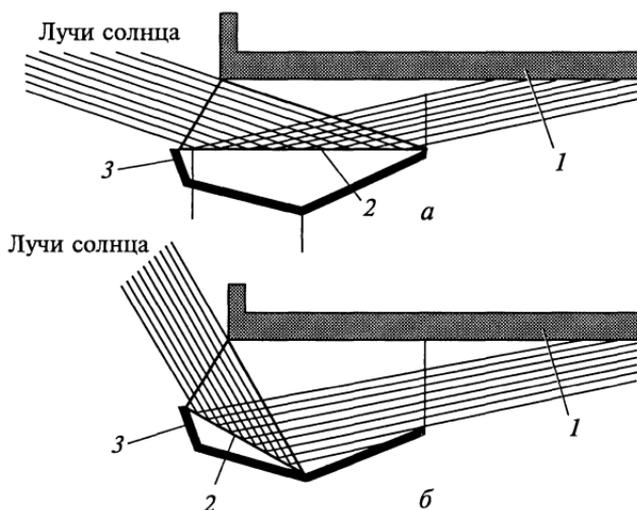


Рис. 6.11. Схемы ввода дополнительного дневного света в глубину здания в зимнее (а) и летнее (б) время:

1 — светоотражающий потолок; 2 — трансформируемый рефлектор; 3 — козырек

условия работы людей внутри здания. Например, установлено, что при использовании хорошего дневного освещения студенты усваивают материал примерно на 20 % лучше. В настоящее время созданы многочисленные модификации конструкций ввода естественного дневного света внутрь помещений [21].

Среди новых способов ввода естественного освещения в разнообразные, в том числе подземные, здания — применение тонкостенных труб диаметром 400...600 мм, покрытых изнутри светоотражающей пленкой, и использование сконцентрированного с помощью криволинейных зеркал пучка дневного света. В первом случае в расположенный над поверхностью грунта торец трубы вводят дневной свет (его можно концентрировать), который проходит почти без потерь по трубе и выходит из отверстия в стенке трубы в месте, где требуется освещение. Во втором случае с помощью управляемых компьютером зеркал свет концентрируется и подается вниз в виде яркого пучка, из которого на этажах часть света отбирается наклонными зеркалами. Это решение, разработанное в Германии для небоскребов, может быть использовано и для подземных, и для ширококорпусных наземных зданий.

Возможно регулирование солнечной освещенности внутри помещений с помощью специальных «переключаемых» фасадов, т.е. стекол, которые автоматически затемняются при излишней освещенности. Это мероприятие используется в странах с избыточным дневным освещением.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Почему в городе с экологичной средой необходимо сбережение ресурсов?
2. Какие ресурсы нужно сберегать при застройке и в процессе функционирования города?
3. Почему в современных городах особо важно сбережение энергетических ресурсов?
4. Опишите пути экономии энергии в городе.
5. Что такое нетрадиционные возобновляемые источники энергии?
6. Каковы стратегические направления сбережения ресурсов?
7. Что такое энергоактивные здания? Какие виды энергии могут использоваться в таких зданиях?
8. Опишите конструктивные решения гелиоэнергоактивных зданий. Как наилучшим образом соединить гелиоприемники и элементы конструкции? Можно ли располагать солнечные батареи на вертикальных стенах и окнах?
9. В каких регионах наиболее эффективны ветроэнергоактивные здания?
10. Какова роль биоэнергетики в городе?
11. Укажите пути применения естественных технологий (без подвода энергии извне) для вентиляции и улучшения внутреннего освещения.

### **7.1. ПУТИ СОХРАНЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛАНДШАФТА**

Естественный ландшафт является базисом для создания высококачественной городской среды жизни. Сохранение естественной поверхности земли вместе с почвенным слоем, растительностью, рельефом и другими компонентами ландшафтов тесно связано с поддержанием качества среды жизни и экологического равновесия. Исходя из понятия экологического следа, распространяющегося далеко за границы городов, необходимо сохранять и глобальные ландшафты. Сейчас, когда экологический след городов распространился на удаленные от них территории, невозможно использовать только прилегающие к городу природные участки для создания хорошей городской среды. К тому же нужно учитывать, что в конечном итоге все жители Земли хотят иметь одинаково высокий уровень жизни и качество среды жизни. Попытки установить при этих условиях размер требуемой глобальной территории экологического следа (т. е. продуктивных природных территорий) показали, что он существенно превышает возможности планеты: чтобы достичь одинаково высокого качества жизни для всего нынешнего населения Земли (6,3 млрд чел.) требуется территория около 90 млн км<sup>2</sup>, т. е. в полтора раза больше имеющейся площади; чтобы достичь одинаково высокого качества жизни для всего населения Земли, когда оно будет насчитывать 12,7 млрд чел. (прогноз на середину XXI в.), потребуется территория около 181 млн км<sup>2</sup>, т. е. в три раза больше располагаемой площади. Поэтому на первый план в экологизации городов выходит сохранение природных и культурных продуктивных ландшафтов.

При традиционном наземном строительстве отторгается площадь почвенно-растительного слоя, на его месте возникает искусственный объект, который герметично изолирует грунт, исключая существование в нем любой флоры и фауны. С исчезновением почвенно-растительного слоя исключается важнейший этап экологического цикла — усвоение и регенерация естественных отходов. Любые непроницаемые твердые покрытия улиц и площа-

дей благоприятны для транспорта (допустима большая скорость, нет грязи, вибрации), отчасти — для людей (легче ходить, сохраняется чистая обувь), но они исключительно негативны в целом для города и его жителей, так как ландшафт перестает выполнять свои естественные функции. Это противоречие нужно устранять путем сохранения и восстановления естественных ландшафтов в городе.

В экологичном городе необходимо строить так, чтобы максимально сохранялась самая ценная часть ландшафта — почвенно-растительный слой вместе с растительностью и естественный рельеф. Это приведет к сохранению местной флоры и фауны, биоразнообразия, естественных потоков поверхностных и грунтовых вод и др. Существует несколько видов такого строительства: надземное, подземное, освоение неудобий. Здания должны быть подобны деревьям, у которых широкая и высокая крона с множеством ветвей и листьев и большая корневая система, разветвляющаяся в грунте, соединяются в уровне почвенно-растительного слоя стволом минимального сечения (здесь находится экологическая ниша множества живых организмов, растут трава, кустарники, молодые деревца).

Если освоить все неудобья, т. е. те территории, которые ранее считались непригодными для застройки (склоны, лощины, овраги и т. д.), то можно практически полностью решить проблему нового строительства с сохранением и восстановлением (экологической реставрацией) наиболее ценных городских ландшафтов. Нужно перевести под землю максимум допускающих такой перенос объектов. Например, если все железнодорожные линии, ведущие к центру Москвы, разместить под землей при неглубоком заложении, то освободившиеся территории будут выполнять важнейшую функцию зеленых коридоров, ведущих от загородных лесов к центру. Если убрать под землю стоянки автомобилей, то будет положительный эффект для всех сторон. Город и жители получают дополнительные озелененные территории, автотранспортные предприятия не будут платить налог на землю, снизится оплата за отопление в связи с уменьшением затрат на него, сократятся потери от хищения ценного имущества, все автомобили будут защищены от осадков. Наиболее загруженные автомагистрали в центральной части города также можно переместить на 3... 4 м ниже дневной поверхности, а над ними оставить световые проемы, прерываемые зелеными пешеходными мостами.

Что касается надземного строительства, то, конечно, невозможно поднять над землей все построенные на ней здания. Здесь может идти речь только о постепенной замене устаревающих зданий новыми, биопозитивными, поднятыми над почвенно-растительным слоем. Вид города, поднятого над поверхностью земли на высоту небольших деревьев, несколько необычен для жителей.

Такие города есть в районах вечной мерзлоты (например, Якутск), но там они строятся для сохранения вечномерзлого состояния грунта. Приподнятость зданий над землей облегчает организацию пешеходного движения, устройство велодорожек, зеленых коридоров. Под зданиями остаются небольшие застроенные участки — лестничные клетки, шахты лифтов (они играют роль вертикальных опор, хотя могут быть выполнены и специальные колонны с большим шагом — не менее 6...9 м).

Сохранению почвенно-растительного слоя способствует также возведение некоторых сооружений на неглубоком шельфе.

## 7.2. СТРОИТЕЛЬСТВО НА НЕУДОБЬЯХ

Использование неудобий (участков территории, которые не могут служить сельскохозяйственными угодьями, рекреационными территориями, заповедниками, лесохозяйственными или иными участками, требующими небольших уклонов местности) для нового строительства позволяет сохранить от застройки более пологие территории с продуктивными экосистемами. При этом можно получить оригинальные архитектурные и конструктивные решения, вписать здания в рельеф, повысить их стойкость к ряду внешних воздействий (землетрясения, оползни и др.). В зависимости от инженерно-геологической характеристики грунтов площадки строительства, а также от угла наклона территории могут возводиться самые различные здания: обычные, применяемые для ровных участков (при небольших уклонах до  $10^\circ$ ), террасные разнообразных типов (при уклонах  $20...50^\circ$ ); на столбовых опорах и прикрепляемые к крутому склону напряженными анкерами (при более крутых уклонах). Террасные здания из монолитного железобетона целесообразно устраивать на участках с уклонами более  $20...25^\circ$ , сложенных любыми грунтами, в том числе при опасности оползней, используя конструктивные решения, показанные на рис. 7.1.

Чтобы не активизировать оползни, можно строить без подрезки склона уступами. После планировки склона на его поверхности монтируют перекрестные ленты фундаментов, на которые опирают стены, а в местах пересечения — колонны (рис. 7.1, а). Система перекрестных лент передает на основание только нормальную силу, а наклонная составляющая воспринимается специальным упором в нижней части склона. Упор выполняют в виде свайного ростверка из буронабивных свай диаметром 0,6...1 м или в виде подземного эксплуатируемого удерживающего сооружения (оно может быть использовано, например, для гаражей).

Если нет опасности активизации оползня, можно строить с подрезкой склона уступами, делая обычные фундаменты на есте-

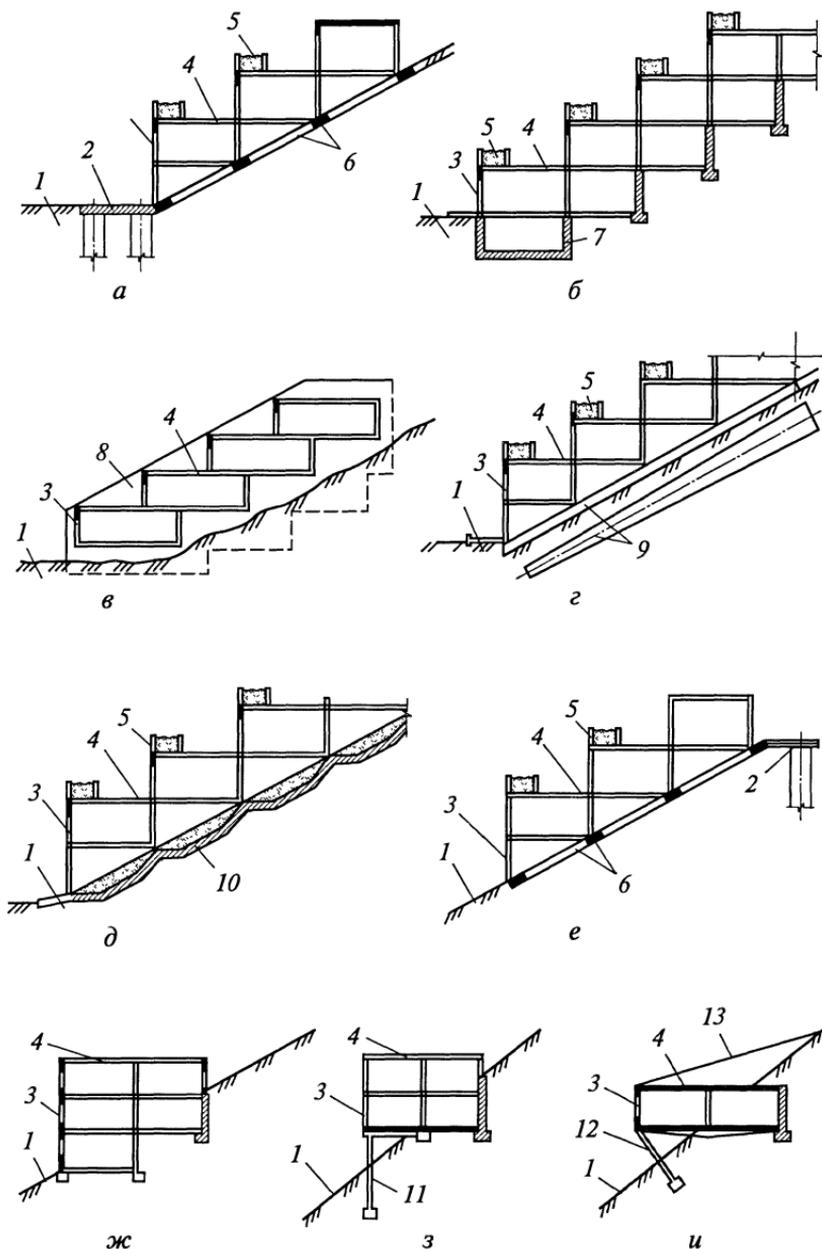


Рис. 7.1. Основные типы зданий на склонах:

*a, e* — без подрезки склона; *б* — с подрезкой; *в* — поднятое над склоном; *г, д* — на клиновидных и ломаных фундаментах; *ж-и* — на крутых склонах; 1 — грунт; 2 — свайный ростверк; 3 — стены, колонны; 4 — перекрытия; 5 — ящики с грунтом для озеленения террас; 6 — решетка из перекрестных лент; 7 — подземное сооружение; 8 — диафрагма; 9 — клиновидный фундамент; 10 — ломаная плита; 11 — колонна; 12 — подкос; 13 — ванты

ственном основании в пределах каждого уступа. При этом вся нагрузка от здания передается на склон. При прочных грунтах основания и отсутствии оползней можно строить без подрезки склона. Фундаменты выполняют в виде железобетонных лент с уступами, ориентируя их в направлении уклона (рис. 7.1, *в*). Выше фундаментов располагают продольные железобетонные стены в виде наклонных диафрагм, к которым крепят поперечные вертикальные диафрагмы и плиты перекрытий. Склон можно также застраивать отдельными (точечными) малоэтажными зданиями (до трех-четырёх этажей) на рельефе разной крутизны (до 26...30°).

Опыт проектирования и строительства свидетельствует о возможности применения двух типов зданий: террасных с различным расположением отдельных террас по отношению друг к другу и отдельно стоящих на склонах. Террасы рекомендуется располагать отдельно друг от друга при небольших уклонах, с примыканием наружных стен — при увеличенных уклонах и с надвижкой — при больших. Для удержания здания на крутом склоне целесообразно устраивать колонны под нижней террасой. Отдельно стоящие здания на склонах в зависимости от уклона местности проектируют: обычного вида — для местности с ровным рельефом; с террасной подземной частью; с опиранием на колонны той части здания, которая расположена ниже по склону; с устройством подкосов; с поддержанием здания вантами, крепящимися выше по склону. Доступ людей в здание может осуществляться традиционным способом (через наружные двери), а также через покрытие или с помощью лифта от основания склона.

В условиях лощин, уступов, русел бывших рек (или глубоких лощин с руслами ручьев) рационально строительство зданий, позволяющих одновременно переводить территории в разряд используемых для рекреационного назначения путем отсыпки горизонтальных участков на месте лощин (рис. 7.2). Для этого проектируют откосоудерживающие здания, которые представляют собой пространственную систему в виде коробчатой арки, опирающейся на прочный грунт боковых склонов лощины. Конструкция может быть выполнена: прямоугольной в плане (в пределах высоты откоса вписана железобетонная арка, соединенная вертикальными диафрагмами с наружными стенами); арочной формы в плане; как коробчатая арка с диафрагмами-стенами; арочно-террасной формы (когда лощина имеет крутой уклон и отдельные здания располагаются близко друг к другу).

Арочное здание в лощине должно воспринимать вертикальные нагрузки от собственного веса и трения грунта засыпки и передавать их на основание, а также воспринимать горизонтальные нагрузки от активного давления грунта и передавать их на боковые склоны лощины. Для этого фундамент должен опираться на грунты естественного сложения и достаточной прочности. Если в ос-

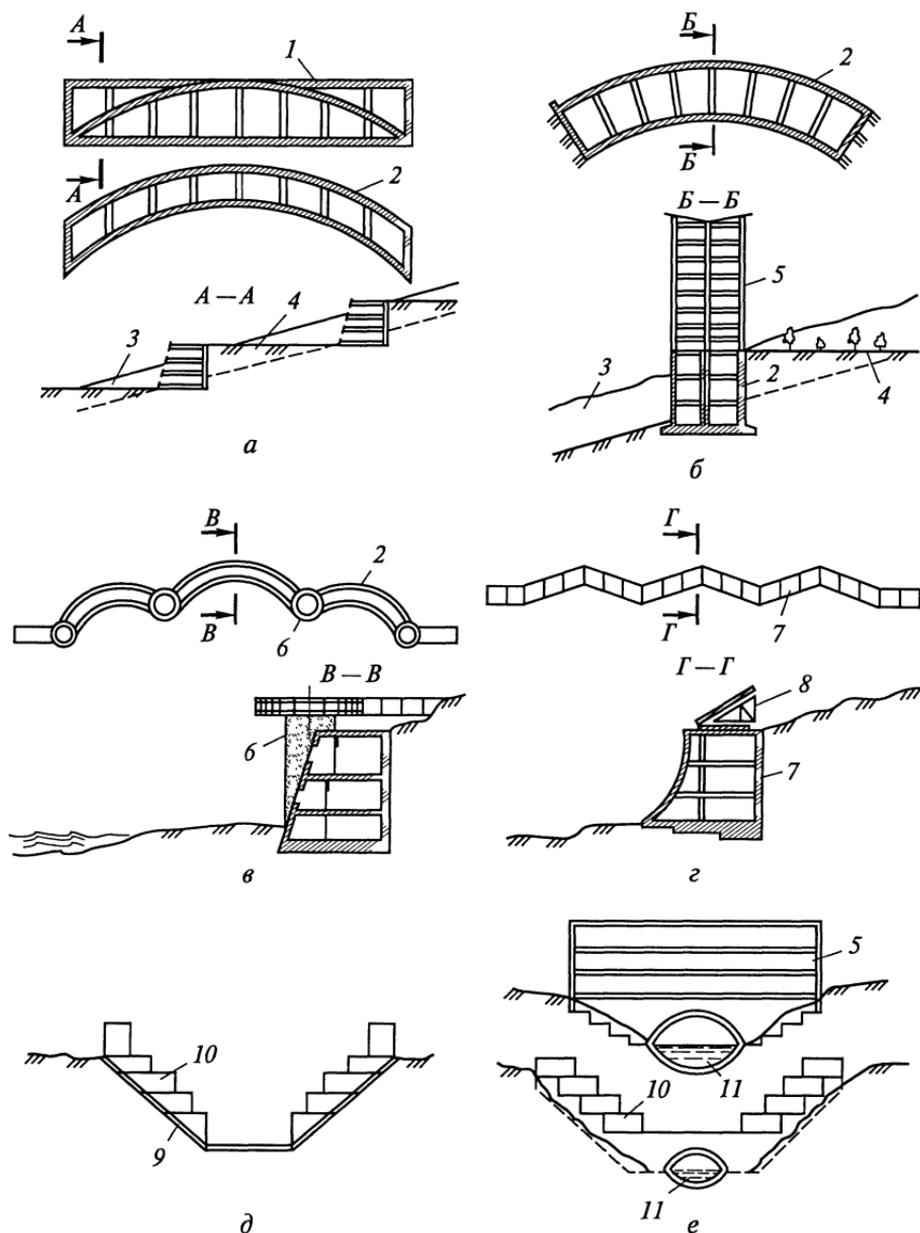


Рис. 7.2. Основные типы зданий в лощинах:

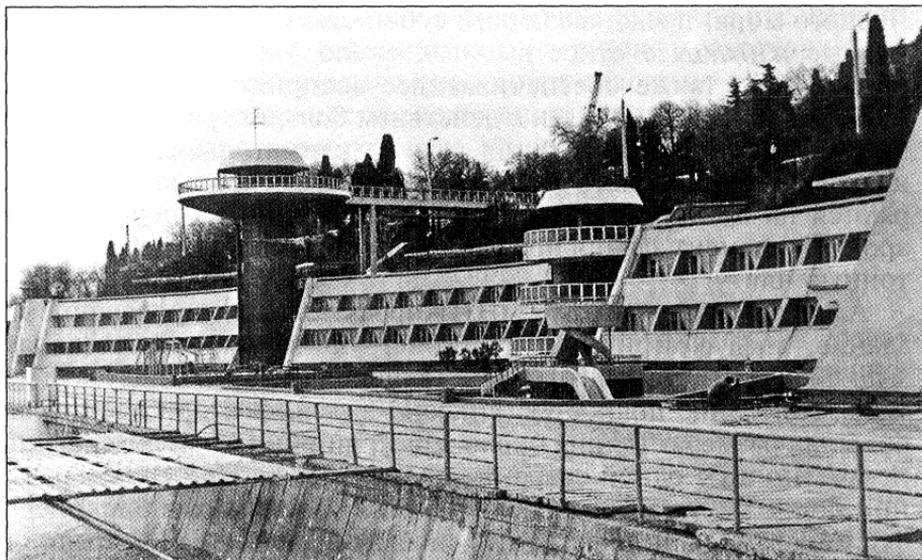
*a* — арочные откосоудерживающие здания высотой до верха откоса; *б* — арочное откосоудерживающее высокое здание; *в, г* — многоволновое арочное и складчатое здания; *д* — террасные здания по склонам лощины; *е* — то же, с пропуском ручья; 1 — стена здания; 2 — арка; 3 — склон лощины; 4 — насыпной грунт; 5 — многоэтажное здание; 6 — упор (жесткое ядро); 7 — гидроизоляция; 8 — гелиоколлекторы; 9 — решетка из перекрестных лент на склоне; 10 — террасное здание; 11 — водопропускная труба

новании здания в лощине находятся переотложенные или насыпные грунты, то предусматривают прорезание их фундаментами либо делают так, чтобы вертикальную и горизонтальную нагрузки воспринимали устойчивые склоны лощины. При таком решении здание в вертикальном направлении работает как коробчатая балка, опирающаяся на фундаменты по торцам. Как правило, высота таких зданий не должна быть больше высоты откоса грунта, а по верху целесообразны обваловка и озеленение. Рекомендуется также устройство эксплуатируемой кровли. В узлах соединения отдельных арок могут быть вертикальные ядра жесткости в виде цилиндрических оболочек. Они служат упорами для арок при действии горизонтальной нагрузки и одновременно выполняют коммуникационную функцию. В верхней части оболочки могут находиться видовые площадки, кафе и т. п.

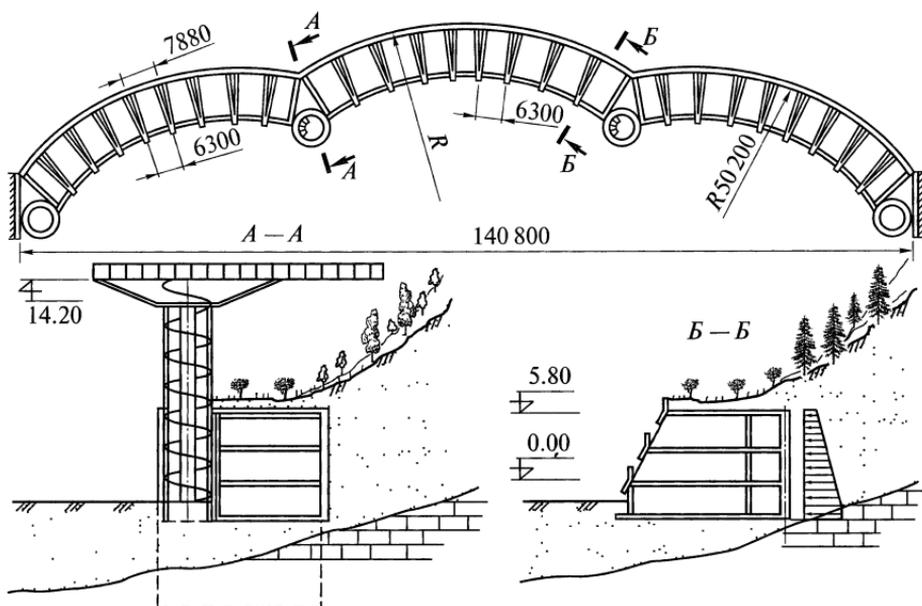
Другой способ освоения лощин — проектирование террасных зданий на их склонах (рис. 7.2, *д, е*). При этом террасы располагают под углом к поверхности склона или нормально к ней. Для уменьшения просмотра террасного здания из противоположащего здания вертикальные диафрагмы размещают таким образом, чтобы они закрывали боковые стороны террас, выступая над ними на 1... 2 м. Фундаменты упираются друг в друга в середине лощины через распорки. Если ширина лощины невелика, здание может быть террасным или обычным многоэтажным. При наличии ручья в лощине фундамент с водопропускной трубой располагают поперек лощины. Труба, которую рекомендуется выполнять из железобетона, должна воспринимать вертикальные нагрузки. В месте опирания на склоны лощины подошва фундамента должна быть наклонной или ступенчатой.

При застройке крутых склонов возникает проблема обеспечения доступа ко всем уровням террас (этажам) или к отдельно стоящим зданиям малоэтажной высокоплотной застройки на склоне. Чаще всего в этом случае используются лестницы, расположенные на склоне. Однако доступ с их помощью затруднен; кроме того, необходим второй путь для эвакуации. При объединении коммуникационных путей и зданий на склоне в специальные коммуникационные здания последних требуется немного (одно на группу террасных зданий).

Описанные конструктивные решения зданий на неудобьях были разработаны автором, а также руководимым им коллективом кафедры строительных конструкций Крымского института природоохранного и курортного строительства [20]. В соответствии с этими разработками, отмеченными многими патентами на изобретения, были спроектированы и построены отдельные полифункциональные железобетонные здания на неудобьях. Строительству предшествовали испытания конструкций на железобетонных моделях в грунтовых лотках, в том числе с моделированием сейсмических воздействий.



*a*



*б*

Рис. 7.3. Общий вид (а) и план с разрезами (б) откосо- и оползнеудерживающего сейсмостойкого биопозитивного полифункционального здания

Первым можно отметить климатопавильон для сна у берега Черного моря, представляющий собой здание — подпорную стену, удерживающее откос высотой около 7 м, препятствующее оползням, а также обеспечивающее восприятие сейсмических нагрузок (рис. 7.3). В связи с действием больших распределенных нагрузок (активного давления грунта) климатопавильон выполнен в виде трехарочного здания из коробчатых арок, которые опираются на жесткие коммуникационные башни на пересечениях арок. Фундамент здания представляет собой сплошную железобетонную плиту.

Алуштинский отдел КрымНИИпроекта, проектировавший это здание, предусматривал при реконструкции устроить озеленяемую кровлю и установить на ней гелиоколлекторы. Следует отметить, что здание полностью вписано в рельеф и при достаточно больших размерах (длина около 150 м, ширина 11 м) совершенно незаметно ни с одной стороны, кроме фасада. При его сооружении почти не потребовалось проведения земляных работ и переформирования исторически сложившегося рельефа. При традиционном освоении крутого рельефа пришлось бы построить высокую подпорную стену и недалеко от нее возводить здание (такие решения широко применены в Крыму).

В Ялте на крутом склоне построен школьный комплекс, частично заглубленный в грунт склона и упирающийся специальной наклонной конструкцией фундамента (расположенной в самой нижней части здания) в прочные грунты. Школьный стадион сооружен на обвалованной кровле заглубленной в грунт части здания. Проект комплекса выполнил Ялтинский филиал КрымНИИпроекта.

Там же в Ялте возведен уникальный по конструктивному решению профилакторий на 300 мест на достаточно крутом склоне (32°). Для исключения террасной разработки склона (традиционной при строительстве зданий обычными методами, требующей больших и трудоемких земляных работ и вызывающей активизацию оползней и переформирование рельефа) на плоско спланированный склон уложена железобетонная решетка, упирающаяся в нижней части склона в свайный ростверк. Железобетонные диски перекрытий прикреплены к этой решетке и опираются на колонны, установленные в местах пересечения наклонных и горизонтальных лент. Таким образом, плиты перекрытий имеют очень высокую жесткость в горизонтальном направлении (по сути дела, это жесткие горизонтальные диафрагмы, прикрепленные к фундаментам и заменяющие обычные вертикальные диафрагмы). Сейсмические усилия воспринимаются не вертикальными диафрагмами, как в обычных железобетонных зданиях, а горизонтальными, прикрепленными к фундаментам. Это практически исключает действие горизонтальных нагрузок на вертикальные элементы

(колонны), что позволило выполнить их достаточно тонкими, а узлы — нежесткими. Такое конструктивное решение обеспечило надежное восприятие сейсмических нагрузок, предотвращение возможных оползней (здание прижимает склонные к сползанию массы грунта к поверхности скольжения; не происходит их подвижка под весом здания, как при традиционных конструкциях).

### **7.3. ПОДЗЕМНОЕ И ПОЛУПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**

Широкое использование подземного пространства для создания благоприятной городской среды актуально ввиду следующих задач строительства в современном городе:

необходимость нового строительства в условиях исключительного дефицита незастроенных территорий;

сохранение окружающей природной среды, восстановление ранее занятых ландшафтов после перевода объектов под землю;

экономия энергии при эксплуатации зданий и сооружений;

необходимость реконструкции исторических центров с возведением новых зданий и устройством современных коммуникаций;

использование неудобных для наземной застройки территорий;

необходимость размещения прецизионных производств, требующих отсутствия вибраций, колебаний температуры;

обеспечение защиты населения в особый период.

Указанные задачи решают, размещая здания под землей. Для этого можно выполнить котлован или выработку с использованием способов подземной разработки грунта (горный и щитовой способы, опускные колодцы и др.) или использовать имеющиеся горные выработки. По глубине заложения подземные здания подразделяются на полузаглубленные (обвалованные), мелкого заложения (обычно не ниже 10 м от дневной поверхности грунта) и глубокого заложения (как правило, глубже 10 м). У полузаглубленных зданий крыша расположена не ниже дневной поверхности грунта, основными нагрузками являются усилия от бокового давления грунта и вес засыпки на кровле. Чем больше глубина заложения, тем большую роль играет давление грунта, в зависимости от которого выбирают типы конструкций и размеры пролетов. Конструктивные решения подземных зданий определяются способами производства работ, а также глубиной заложения и назначением зданий. Работы можно производить открытым и закрытым (горным) способами.

Подземные здания могут располагаться отдельно под незастроенными или застроенными участками либо входить в состав наземных зданий. Они могут быть одно- и многоэтажными (многоярусными), одно- и многопролетными, каркасными и бескар-

касными. В качестве материала конструкций чаще всего применяют железобетон, бетон, в некоторых случаях используют прочный грунт.

По назначению подземные здания и сооружения подразделяются на следующие виды:

жилые дома (только обвалованные);

производственные объекты, как правило, требующие защиты от вибрации, пыли, колебаний температур;

складские объекты — холодильники, овощехранилища, склады, резервуары, книгохранилища, архивы;

зрелищные, спортивные сооружения — кинотеатры, выставочные залы, музеи, клубы, спортзалы, тир, плавательные бассейны;

административные здания;

объекты коммунально-бытового обслуживания — мастерские, бани, прачечные, почты, сберкассы, ателье, бытовые комбинаты;

торгово-бытовые центры;

транспортные объекты — станции и туннели подземного транспорта, вокзалы, гаражи, стоянки, транспортные центры;

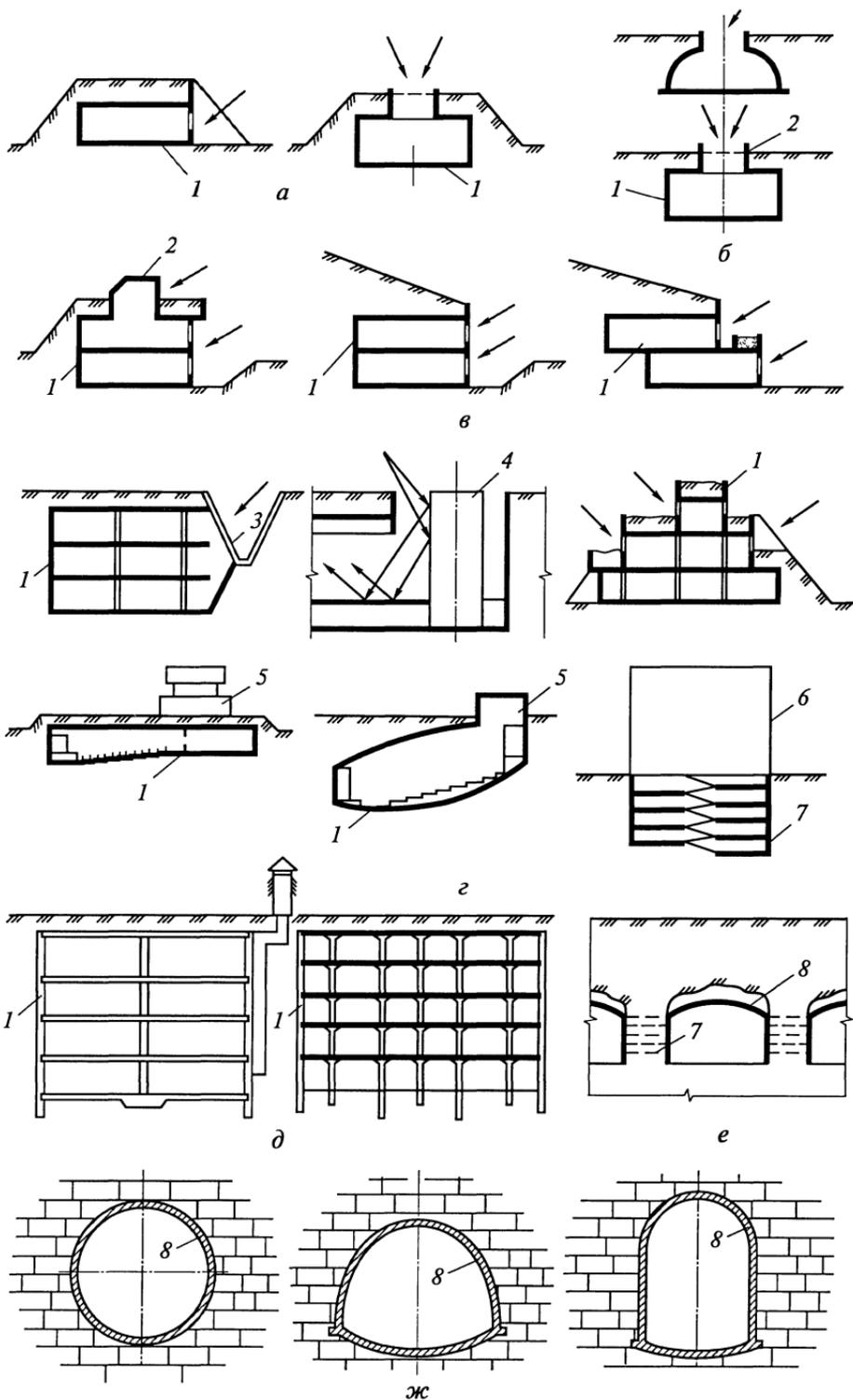
объекты торговли и общественного питания — столовые, рестораны, магазины, рынки, торговые центры;

учебно-воспитательные сооружения — детские сады, школы, вузы.

По способу освещения здания подразделяются на следующие типы (рис. 7.4): с естественным боковым освещением, устраиваемым через окна с приямками, внутренние дворики и др.; с верхним зенитным освещением через проемы или фонари в кровле; с комбинированным естественным и искусственным освещением иногда в сочетании со световодами и рассеивателями; с полностью искусственным освещением. Жилые дома возводят только при условии естественного освещения, в общественных и производственных зданиях допускается искусственное освещение. Общественные здания, в которых не требуется естественное освещение, можно выполнять с различной степенью заглубления. Например, кинотеатры сооружают при минимальном заглублении с созданием озеленяемого пространства над покрытием; другие учреждения, предприятия, объекты (например, гаражи) — при глубоком заложении.

Рис. 7.4. Типы жилых, общественных и производственных подземных зданий и схемы их освещения:

*a, б* — жилые обвалованные; *в* — мелко заложения и на склоне; *г* — общественные; *д* — производственные многоэтажные; *е* — в горной выработке; *ж* — глубокого заложения; *1* — здание; *2* — шахта для ввода освещения; *3* — окно; *4* — отражающий цилиндр; *5* — вход в кинотеатр; *б* — надземное здание; *7* — армирование целика породы; *8* — обделка из железобетона, стали, чугуна



Одна из важных задач при строительстве подземных зданий — создание у людей ощущения, что здание расположено выше уровня земли. Это достигается:

односторонним естественным освещением в обвалованных объектах;

естественным верхним освещением в полузаглубленных зданиях; естественным освещением через световоды при любом заложении; ярким искусственным освещением в сочетании с окраской помещений в светлые тона;

устройством криволинейных покрытий и перекрытий-оболочек; выполнением фальшивых оконных проемов с размещением за ними ярких фотопейзажей (с развитием техники голографии — голографических картин).

При технико-экономическом обосновании проекта необходимо сопоставлять первоначальные затраты на строительство обычных и заглубленных зданий, расходы на электроэнергию, содержание, ремонт (т. е. эксплуатационные расходы), а в ряде случаев учитывать и особенности эксплуатации (отсутствие вибрации и др.). Преимуществами эксплуатации подземных зданий являются экономия электроэнергии, отсутствие вибрации и колебаний температуры. Первоначальные затраты на строительство могут быть ниже, чем для наземных зданий (если при строительстве используют готовые выработки, созданные в прочном грунте), или выше (если разрабатывают грунт и затем выполняют фундамент, стены, перекрытия, как в наземных зданиях). Так, первоначальная стоимость жилых полузаглубленных домов на 30 % выше, чем при наземном размещении, однако в результате снижения расхода электроэнергии на отопление эффективность полуподземного здания постепенно повышается. Еще выше эффект при учете экологического компонента.

Экономическую эффективность подземного строительства оценивают инженерно-экономическими и социально-экономическими показателями. Сэкономленные в результате подземного размещения зданий территории оценивают инженерно-экономическими и экологическими показателями.

В конструкциях жилых подземных зданий используют железобетон (сборный и монолитный), кирпич, дерево, сталь. Чаще конструкциям стремятся придать пространственную форму, легче вписывающуюся в рельеф, создающую ощущение легкости. Эффективным решением является бетонирование куполов обвалованных жилых зданий в надувной опалубке или методом торкретирования по пластмассовой опалубке на ребрах жесткости из проката.

В целях исключения фильтрации грунтовых вод в подземное здание и защиты железобетона от действия агрессивных грунтовых вод предусматривают гидроизоляцию. Ее выполняют в виде

наружного покрытия, внутренней гидроизоляции или путем закрепления грунта силикатизацией, цементацией, смолизацией, битумизацией. Необходимы также изоляция от проникновения в подземное помещение газов (особенно радона) и мероприятия по очистке воздуха.

Одна из особенностей заглубленных зданий — повышенная теплозащита из-за обваловки грунтом. Поэтому для заглубленной их части не требуется такая же толщина стен, как для наземной части, выбранная на основании теплотехнического расчета, или такая же толщина слоя теплоизоляции. Для заглубленной части здания можно уменьшать толщину железобетонных или кирпичных стен при устройстве эффективной дополнительной наружной теплоизоляции. Если же наружные стены здания имеют постоянную толщину, значение которой рассчитано для верхней их части, контактирующей с наружным воздухом, отпадает необходимость в дополнительной теплоизоляции обвалованных стен. В этом случае устраивают только гидроизоляцию и укладывают слой дренажа. Такое решение менее экономично, чем проектирование стен с перепадом толщины и эффективной теплоизоляцией.

В общем случае жилое заглубленное или обвалованное здание состоит из покрытия (с гидроизоляцией, утеплителем, дренажем), стен наружных (с гидроизоляцией, утеплителем, дренажем) и внутренних, фундаментов, парапетной стенки, испытывающей давление грунта, междуэтажных перекрытий, подпорных стен снаружи и внутри здания. Жилые обвалованные здания сооружают, как правило, в виде индивидуальных отдельно стоящих одно- или двухэтажных домов. На склонах могут быть построены и многоэтажные террасные полузаглубленные здания. По конфигурации полузаглубленные жилые здания можно разделить на возвышающиеся, сквозного типа, атриумные и здания на склонах (рис. 7.5).

Возвышающиеся здания отличаются тем, что одна их стена свободна от засыпки. Располагаются они чаще всего на наклонной поверхности (целесообразна ориентация открытой стены с окнами на юг). Их покрытие может быть обваловано, на нем выполняют уклон в соответствии с уклоном обваловки. Здание характеризуется односторонней пригрузкой от обваловки. При строительстве на ровном участке требуется грунт для трехсторонней обваловки и небольшого заглубления здания. В плане рекомендуется не увеличивать размер свободной от засыпки стены в целях снижения теплопотерь.

При планировке возвышающегося жилого дома все основные помещения располагают у открытой стены, за ними делают идущий параллельно этой стене коридор, а за коридором — подсобные помещения (санузлы, кладовые, кухню и др.). Поскольку свет проникает в здание только с одной стороны, стремятся выполнить жилой дом компактным в плане, при необходимости пре-

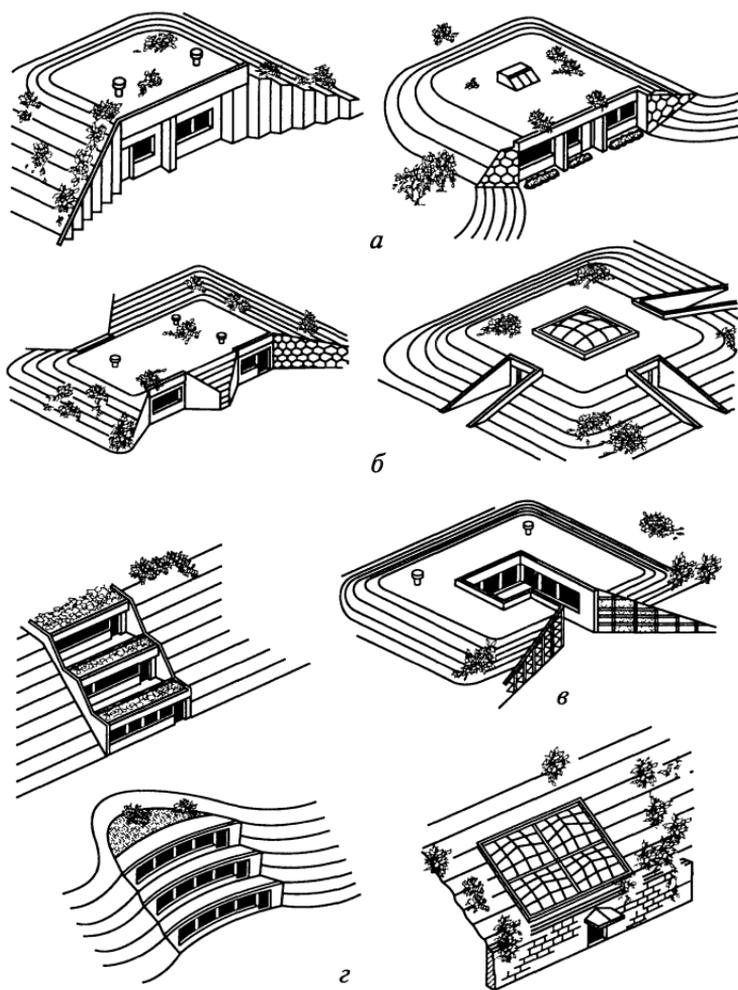


Рис. 7.5. Полузаглубленные жилые здания:

*a* — возвышающиеся; *б* — сквозного типа; *в* — атриумное; *г* — на склонах

дусматривают второй этаж или вторую открытую стену либо придают зданию в плане ломаную, криволинейную форму.

Здания сквозного типа располагают на ровной поверхности (спокойный рельеф). Они имеют ряд световых проемов в нескольких направлениях. Для таких зданий характерны небольшое заглубление в грунт, входы с нескольких сторон, обваловка отдельных частей стен и кровли. Обваловка кровли, как правило, горизонтальна. В зданиях сквозного типа давление грунта благоприятно (нет односторонней нагрузки), естественное освещение и проветривание более эффективны, чем в возвышающихся зданиях, благодаря большому числу проемов. Оконные проемы выполняют в

наружных стенах. На границе между обваловкой и открытыми фасадами, а также на участках подходов к зданию необходимо предусматривать подпорные стены.

Здания атриумного типа отличаются наличием внутреннего дворика (атрия), через который проникают свет, воздух, осуществляется сообщение между примыкающими к атриуму частями здания. Атриумное здание может быть четырехсторонним с закрытым внутренним двором или с открытой четвертой стороной. По периметру внутреннего двора располагают комнаты, далее — кольцевой коридор. Подсобные помещения находятся в неосвещенной части, у наружных стен. Атриум может быть перекрыт прозрачным ограждением; при этом он используется как аккумулятор тепловой энергии. Доступ в атриумные здания предусматривают через лестницу сверху или через боковую открытую четвертую сторону здания. Все окна здания выходят внутрь атриума.

Здания на склонах, частично заглубленные в грунт (террасного типа), имеют одну открытую для освещения и вентиляции сторону. Отдельные этажи располагают со сдвижкой в плане, зависящей от уклона участка, при этом на части кровли каждого этажа устраивают горизонтальную обваловку. Такие здания могут быть многоэтажными и развитыми в плане. В этом случае возникает проблема устройства коммуникаций. Для людей делают наклонные лифты, лестницы. Как и в зданиях других типов, у открытой стены проектируют основные помещения, за ними — коридор, освещаемый вторым светом (с потолка), а далее — подсобные помещения.

Одним из важных вопросов проектирования является взаимосвязь заглубленных зданий с рельефом поверхности. Для ровного участка рационально проектирование полузаглубленных или обвалованных зданий с отсыпкой небольших насыпей вдоль наружных стен. На пологом (небольшом) уклоне можно полностью или частично заглубить здание в грунт. Не менее важно правильно выбрать конструктивное решение жилого дома. Существуют более удобные для внутренней планировки плоские конструктивные элементы и менее удобные пространственные (сводчатые, сферические и др.). Плоские покрытия позволяют сделать удобные плоские или скатные кровли с небольшим слоем обваловки. При плоских конструкциях стен облегчается проектирование освещения. Пространственные конструкции затрудняют устройство кровли, усложняют выполнение световых проемов и др. Вместе с тем они помогают воспринимать повышенные распределенные нагрузки на покрытие при меньшем расходе материалов, дают возможность увеличить размеры пролетов без внутренних опор, улучшить архитектурную выразительность интерьера жилых зданий.

Плоские покрытия выполняют обычно из многослойных сборных предварительно напряженных плит с тепло- и гидроизоляции-

ей. На плиты укладывают слой выравнивающей цементной стяжки толщиной 20...40 мм, на стяжку — гидроизоляцию, далее — жесткую теплоизоляцию толщиной 150 мм, дренирующий слой песка толщиной 75 мм и растительный грунт.

Толщину слоя грунта над покрытием принимают исходя из допустимых теплотерь и с учетом вида растительности на поверхности. Для травяного покрова достаточен слой грунта толщиной 45 см, для мелких и средних кустарников — до 75, для небольших деревьев — около 100 см. Обвалованное здание стремятся вписать в естественный пейзаж, высаживая растения, характерные для местности. Для засыпки используют смесь местного грунта с добавками, помогающими росту зеленых насаждений. В местах интенсивного пешеходного движения в грунттовую смесь добавляют до 90 % песка. В состав грунтовой смеси обычно вводят просеянный верхний слой грунта (10 %), песок (40...50 %) и торф (26...50 %). Фундаменты заглубленных жилых домов чаще всего выполняют ленточными монолитными или из блоков. Для возвышающихся зданий с односторонним горизонтальным давлением грунта необходимо изменять ширину подошвы фундаментов в соответствии с расчетом. Глубину заложения фундаментов под свободные стены устанавливают как для фундаментов надземных зданий, а для обвалованных стен — с учетом высоты обваловки, как для фундаментов зданий с подвалом. Так как для возвышающихся зданий суммарное значение бокового давления грунта велико и ему не противодействует давление с противоположной стороны, здание по подошве рассчитывают на сдвиг. Для удержания откосов грунта в местах прохода и проезда к обвалованному зданию используют архитектурно выразительные подпорные стенки.

Иногда экологичные обвалованные жилые здания могут быть вполне конкурентоспособны традиционным типам жилых домов как по стоимости строительства, так и по затратам в период эксплуатации. Например, в поселке Хокертон (Англия) возведены несколько недорогих жилых домов, которые северной стороной врезаются в холм, а на их открытой южной стороне расположены широкие окна и остекленные двери. Здания утеплены по периметру (со стороны грунта) слоем пенополистирола, дополнительной теплоизоляцией служит грунт обваловки, в том числе на озелененной кровле. Все жилые дома почти полностью автономны, местное водоснабжение предусмотрено из артезианской скважины, отходы из местной канализации используются для выработки удобрения, установлены ветроагрегат, солнечные батареи и геотермоколлекторы на кровле. Один трехспальный дом стоит 50 тыс. фунтов стерлингов, что сравнительно немного для Великобритании. Здания не только очень дешевы в эксплуатации, но и не нарушают экологическое равновесие.

Здания общественного назначения могут быть выполнены при самом различном заглублении, но при этом здания с постоянным пребыванием детей (школы, детские сады и др.) должны обязательно иметь естественное освещение. Атриумное здание Квебекской консерватории имеет подземный двор — атрий, в который выходят два яруса основных помещений и балкон второго яруса (этажа). Обвалованное атриумное здание детского сада в Осаке (Япония) сообщается с наружной территорией через четыре прохода, соединенные с внутренним озелененным двором, имеющим бассейн. Возвышающееся здание двухэтажной школы в Джефферсоне (США) снабжено дополнительным световым фонарем для освещения помещений, удаленных от свободной стены. Трехэтажный общественный центр жилого микрорайона в Париже выполнен сквозным, обвалованным и не заглубленным относительно грунта. Очень проста технология строительства подземного кинотеатра, типовой проект которого разработан ЦНИИЭП учебных зданий, а также предложенного автором кинотеатра в холме. В настоящее время разработаны и осуществлены сотни оригинальных проектов подземных общественных центров, различных общественных зданий. Сравнительно недавно в Норвегии построен большой олимпийский стадион под землей.

Подземные здания производственного назначения могут быть самыми разнообразными по объему, заглублению, числу ярусов. Наиболее широко распространены одноярусные здания, которые легко возводятся как из монолитного, так и из сборного железобетона. Особенностью таких зданий является действие симметричных противоположно направленных горизонтальных сил, что исключает необходимость устройства систем связей (как это делается в наземных зданиях). В конструкцию зданий входят, как обычно, фундаменты, стены, колонны, ригели и плиты. Наиболее ответственные узлы таких зданий (как и вообще всех подземных объектов) — узлы и стыки крепления колонн и стен, а также стыки между отдельными стеновыми блоками и панелями. Эти узлы воспринимают большие моменты вследствие значительных горизонтального и вертикального давлений грунта, а также могут быть местами протечек грунтовой воды. Для создания водонепроницаемых стыков рекомендуется применение для заделки расширяющегося бетона на напрягающем цементе (НЦ). Основным элементом, воспринимающим вертикальное давление грунта в таких зданиях, является покрытие. Как правило, в подземных зданиях, как и в любых производственных объектах, стремятся к максимально возможному шагу колонн и размерам пролетов. В таких условиях наилучшей конструкцией, хорошо воспринимающей распределенное давление грунта высокой интенсивности, а также создающей визуальное впечатление легкости покрытия и отсутствия тяжелой нагрузки на нем, является пространственное покрытие.

В качестве покрытий могут быть применены практически любые оболочки, структуры, мембраны, а также эффективные большепролетные плиты. Путем устройства фонарей на высокой части оболочек можно ввести в здание дневной свет. Для повышения эффективности освещения можно использовать концентраторы светового потока, в том числе управляемые компьютером для слежения за солнцем. Для ввода дневного света могут использоваться следующие методы:

на покрытия подземных зданий устройство световых фонарей, располагающихся выше дневной поверхности грунта;

использование вертикальных шахт, в том числе с системами круглых зеркал, служащими для отражения дневного света в глубь помещений нижних ярусов;

применение труб, покрытых внутри светоотражающей пленкой; при вводе луча света в один из торцов такой трубы и устройстве боковых проемов в ней из этих проемов будет поступать свет;

ввод концентрированного потока света в вертикальную шахту и распределение его по ярусам с помощью системы зеркал;

устройство солнечных батарей над подземным зданием и постоянное освещение его помещений от этого источника электроэнергии с использованием автоматически включающихся энергоэкономичных ламп.

Для устройства протяженных одноярусных зданий неглубокого заложения рационально применение арочных покрытий, выполняющих двойную роль — покрытия и стенового ограждения. Если верхнюю часть арочного покрытия поднять над дневной поверхностью грунта, то можно осветить здание, заменив бетон стеклоблоками в плите арки.

Многоярусные производственные здания могут быть каркасными или с неполным каркасом. Шаг колонн в многоярусных зданиях — 6 м, пролет же может быть увеличен до 12...18 м, а пролет верхнего яруса, нагруженного весом небольшого почвенно-растительного слоя, — до 24...36 м. Конструктивные решения, как и для всех подземных зданий, определяются методами производства работ. Если здание строится открытым способом, то конструкции стен, перекрытий и покрытий могут быть обычными. Особенностью расчета и конструирования подземных зданий является необходимость учета существенных постоянных горизонтальных нагрузок на стены и перекрытия.

Созданные человеком открытые выработки загрязняют окружающую среду, а закрытые могут быть причиной осадки дневной поверхности. Поэтому выработки нужно застраивать, чтобы, во-первых, продуктивно использовать их большие объемы, а, во-вторых, исключить их повышенную деформируемость. В выработках, отличающихся обычно прочными грунтами, могут быть построены подземные или надземно-подземные здания обычных

типов. Их возведение имеет следующие особенности: размеры зданий определяются габаритами выработок; крепость вмещающего грунта бывает настолько велика, что не требуется какое-либо его крепление; затруднена разработка грунта. Здание можно вписать в выработку, ограничившись устройством панелей потолков и стен, играющих декоративную роль. Прочный грунт можно использовать и для опирания перекрытий через опорные подушки.

Подземные здания сооружают разнообразными способами, причем некоторые из этих способов позволяют возводить объекты практически без нарушения почвенно-растительного слоя или в условиях плотной городской застройки.

Высокая надежность наружной гидроизоляции может быть достигнута укладкой сплошной мембраны из пластика, прикрепленного к бетону анкерами, изготовленными совместно с пленкой (пластиной). Для свободного стока поверхностной грунтовой воды по стене к дренажной трубе рекомендуется укладка по гидроизоляции специального слоя дренажного покрытия из пластика.

## **7.4. НАДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**

Здания на столбовых опорах представляют собой обычные или террасные дома, поднятые над поверхностью земли на высоту, достаточную для свободного прохода людей (более 3 м) или для высаживания под ними небольших деревьев и кустарников. Столбовые опоры (одна для точечного здания или несколько для зданий большой длины или площади) служат также для размещения лестниц, шахт лифтов и различных сетей. Они же являются железобетонными ядрами, воспринимающими вертикальные и горизонтальные нагрузки. Столбовые опоры могут быть вертикальными или наклонными, постоянного или переменного сечения по высоте, сплошными или пустотелыми. Существуют разнообразные типы зданий на столбовых опорах (рис. 7.6).

Распространенным вариантом является здание круглой или квадратной формы в плане с железобетонным ядром кольцевого или квадратного сечения, выполненное из монолитного или сборного железобетона. Размеры железобетонного ядра в плане принимают примерно равными  $6 \times 6$  м (если в нем проектируют шахты лифта и внутренние лестницы) или выбирают в соответствии с расчетом ядра как внецентренно сжатого элемента (если лестницы и лифты располагают вне сечения ядра). В последнем случае при высоте прохода под зданием 3 м размеры железобетонного столба должны быть до  $1 \times 1$  м. Такое конструктивное решение используют и для зданий, вытянутых в плане и размещенных на склоне вдоль горизонталей. При этом шаг ядер жесткости определяется размерами секций здания и расстоянием между лестни-

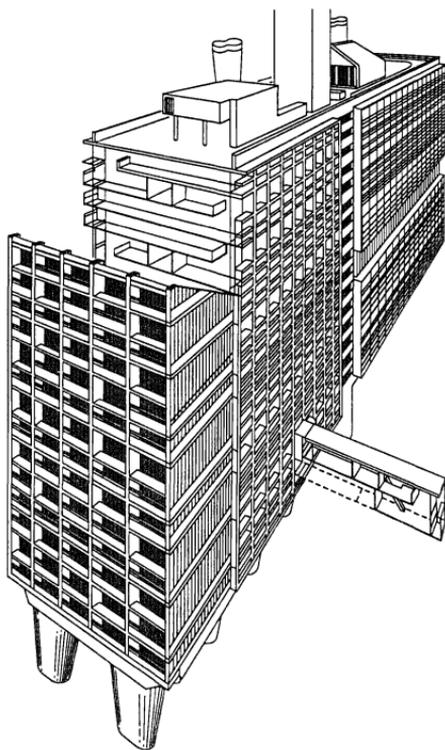


Рис. 7.6. Жилой дом («жилая единица») на опорах конструкции Ле Корбюзье в Марселе

чными клетками. Железобетонные столбовые опоры можно устанавливать на отдельно стоящие, свайные или напряженно заанкеренные фундаменты. При размещении лестничных клеток или шахт лифта снаружи железобетонных опор эти опоры делают наклонными для повышения устойчивости здания в горизонтальном направлении. Их располагают в направлении равнодействующих вертикальных и горизонтальных нагрузок, чтобы при максимальных горизонтальных нагрузках сечения опор работали на сжатие. Вместе с ригелями, на которые опираются железобетонные диафрагмы или колонны здания, наклонные опоры образуют жесткие рамы. Верх наклонных опор располагают у крайних осей здания (в этом случае усилия в опорах при действии горизонтальных нагрузок минимальны). Можно уменьшать расстояние по горизонтали между сечениями верха опор, чтобы повысить архитектурную выразительность здания.

Для зданий больших размеров в плане (круглых, квадратных) проектируют несколько опор. Круглые в плане здания выполняют с тремя опорами, квадратные — с четырьмя. Опоры располагают в плане симметрично, обеспечивая передачу на них приблизи-

тельно равных вертикальных и горизонтальных нагрузок. Следует учитывать, что при размещении здания на склоне высота столбовых опор различна, поэтому при равном сечении опор наибольшая горизонтальная нагрузка приходится на наиболее короткую из них. В целях равномерного распределения горизонтальной нагрузки между опорами, особенно в сейсмических районах, целесообразно несколько снижать поперечное сечение более коротких опор. Для жесткой заделки опор рекомендуется проектировать свайные фундаменты или заделывать опоры в прочный грунт без изменения их сечения, разрабатывая грунт по форме опоры на глубину, достаточную для обеспечения ее заделки.

Надземные здания на ровной поверхности, которые проектировал и строил Ле Корбюзье, подняты на высоту одного-двух этажей над дневной поверхностью, что позволяет озеленять пространство под ними (см. рис. 7.6). Здания не являются препятствием для пешеходов.

Следует отметить, что опыт массового строительства и эксплуатации надземных зданий отсутствует. Есть опыт массового строительства зданий на опорах в условиях вечной мерзлоты, о чем упоминалось в подразд. 7.1, но высота подъема этих зданий не достаточна для прохода людей под ними, пространство под зданиями закрыто.

Надземное строительство жилых и общественных зданий может найти широкое применение в районах, опасных с точки зрения затопления (сезонный подъем уровня рек, цунами). Как показывает анализ наводнений и цунами, обычная высота подъема воды при наводнениях составляет 3...4 м., а при цунами — примерно 20 м. Это вполне допустимые высоты подъема зданий на опасных территориях над поверхностью земли. Если все здания в опасных зонах поднять над землей, вода при стихийных бедствиях будет проходить под ними, не нанося ущерба.

Сооружение надземных и подземных зданий, а также зданий на неудобьях не может полностью исключить застройку ровных, удобных для озеленения территорий. Определенная (хотя и небольшая) территория при возведении этих зданий все же застраивается (площадь столбовых опор, лестничных шахт, лифтов и др.).

При строительстве на неудобьях нередко исчезает почвенно-растительный слой неудобий, который также весьма ценен. Освобожденную от застройки площадь естественного почвенно-растительного слоя под зданиями очень сложно сохранить в хорошем состоянии, потому что именно там часто ходят люди, располагаются детские площадки, места отдыха взрослых и т.д. Туда же стремятся подъехать автомобили. Нужна новая экологичная культура взаимоотношений жителей с природой, чтобы рассмотренные эффективные решения приносили пользу.

## 7.5. СТРОИТЕЛЬСТВО НА ШЕЛЬФЕ

Наиболее ценные морские побережья России, обладающие уникальными природными условиями для улучшения здоровья и обеспечения отдыха людей, имеют сравнительно небольшую протяженность и площадь. Кроме того, бальнеологическое и рекреационное освоение берега осложняется сложным рельефом прибрежной части, высокой стоимостью инженерной защиты. Реальный резерв рекреационного развития — создание сооружений на шельфе, в том числе приурезовых, мелководных прибрежных и приглубого берега прибрежной зоны шельфа. Новые искусственные сооружения позволят существенно увеличить площадь рекреационных территорий и одновременно улучшить условия очистки воды и воспроизводства марикультуры. Могут быть рекомендованы следующие сооружения на неглубоком шельфе:

искусственные рифы — для разведения подводной флоры и фауны и увеличения самоочистительного потенциала прибрежной зоны моря;

отдельно стоящие здания — для размещения климатопавильонов или специальных корпусов санаториев с климатолечением;

искусственные острова-пляжи с соляриями и бассейнами;

океанариумы с бассейнами и вольерами для содержания и показа морских животных;

объекты познавательного характера (морские аквариумы, подводные гостиницы и др.);

объекты научно-исследовательского назначения (подводные лаборатории и др.);

сооружения, требующие больших или протяженных территорий (например, аэропорты).

Для транспортной связи с берегом указанные сооружения следует оборудовать причалами. Возможно использование подвесной канатной дороги или подводного туннеля. Перечисленные сооружения можно снабдить коллекторами для выращивания мидий. Одно из нетрадиционных назначений зданий и сооружений в зоне шельфа — инженерная поддержка природного механизма самозащиты берега, состоящая в морфодинамическом развитии элементов побережья путем искусственной трансформации, регенерации и протезирования береговых форм или фрагментов. Искусственная трансформация заключается в преобразовании элементов дна для оптимального проявления самозащитных тенденций. Регенерация предполагает искусственное управление развитием береговых форм. Протезирование подразумевает воссоздание недостающих частей береговых форм, которые не могут сформироваться естественным путем.

Искусственные территории в прибрежной зоне можно создавать, сооружая насыпи (отсыпкой или намывом) на примыкаю-

щих к берегу участках мелководья, платформы, поднятые над уровнем воды с учетом максимальной высоты волн и опирающиеся колоннами (опорами) на фундаменты на дне, или плавающие платформы, заанкеренные к дну моря. В качестве опор используют стальные или железобетонные оболочки, ячеистые конструкции. Метод поднятия уровня искусственных территорий созданием насыпи рекомендуется при глубинах до 10... 15 м. При больших глубинах этот метод экономически нецелесообразен.

Для наращивания искусственного строительного материала можно использовать растворенные в воде соли. Для этого в морскую воду помещают стальную арматуру, форма которой соответствует форме будущей конструкции. К ней подводят постоянный ток с небольшим напряжением (несколько вольт), безопасный для живых организмов. В результате на арматуре начинает оседаться известковый камень. Несмотря на малую скорость осадения (1... 2 мм за 6 мес), можно нарастить достаточное сечение за 1... 2 года. Для многомесячной подачи электроэнергии на стальную арматуру над поверхностью воды устанавливают солнечные батареи, опирающиеся на временные опоры или конструкции здания (сооружения) на шельфе. Покрытие, наращиваемое на металлической арматуре, может быть использовано как защита от коррозии (при большом сечении металла) или как элемент, работающий подобно железобетонной конструкции.

Важная задача строительства искусственных территорий и сооружений на шельфе — биологическая мелиорация. Материал подводных конструкций не должен ухудшать химический состав окружающей водной среды. Наиболее подходят в этом случае бетон и железобетон без добавок на портландцементе с заполнителями из естественного песка и камня, естественный камень (лучше всего известняк, оптимальный для прикрепления гидробионтов — обрастателей в условиях морского побережья), искусственный каменный материал, полученный обжигом, спеканием при высокой температуре (керамика и др.). Вся поверхность подводной части должна быть шероховатой или рифленной с глубиной рифов не менее 1... 2 см. При возможности выполнения более глубоких уступов их размеры доводят до 1... 1,5 м. При этом увеличивается площадь, покрываемая обрастателями. Подводную часть сооружений целесообразно выполнять с внутренними омываемыми водой полостями (подводными «скворечниками»). Для этого устраивают полости в теле конструкций, а также искусственные рифы из камня в местах опирания фундаментов сооружений на дно, выполняют накладные «скворечники», прикрепляемые снаружи к тонкостенным конструкциям.

При учете указанных требований в процессе проектирования возможно управление биопродукционными процессами с учетом достижения промысловых концентраций марикультуры.

Вместе с тем для побережья как рекреационной системы актуальна и другая функция биоценозов — природоохранная (биологическая фильтрация загрязнений). Системы гидробиологической очистки вдоль побережья целесообразно устанавливать в местах расположения наиболее крупных возможных очагов загрязнения воды, где требуется первоочередное проведение природоохранных мероприятий, т. е. там, где находятся санатории, городские пляжи, районы сброса канализации и сточных вод, порты.

Градостроительное освоение шельфа должно быть «мягким», природосберегающим, учитывающим важнейшую роль шельфовой зоны в зарождении всего живого в море. Поэтому все проекты освоения шельфа согласно постулатам экологии должны подвергаться тщательной проверке с возведением вначале небольших фрагментов и изучением на них взаимодействия природной среды и искусственного сооружения

С каждым годом проблемы сохранения естественного ландшафта на Земле становятся все более актуальными в связи с ростом застроенных и освоенных территорий, увеличением глобального экологического следа. Максимальное сохранение природного ландшафта поддерживает благоприятную городскую среду, сокращает размер экологического следа.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Почему в городе особенно важно сохранение естественного ландшафта, естественной природной среды? В чем принципиальное отличие естественного ландшафта от культурного?

2. Почему актуально сохранение почвенно-растительного слоя при застройке? Какова важнейшая функция этого слоя в поддержании круговорота веществ, обеспечивающего сохранение жизни на Земле?

3. Каковы основные направления строительства с сохранением почвенно-растительного слоя?

4. Каковы конструктивные решения зданий на неудобьях?

5. В чем сущность подземного и полуподземного строительства? Выгодно ли с экономической точки зрения строить под землей? Можно ли возводить в подземном пространстве любые объекты?

6. Какие проблемы возникают при подземном строительстве? Можно ли надежно защитить здания от грунтовых вод?

7. В чем сущность надземного строительства?

8. Каковы конструктивные решения зданий и сооружений на неглубоком шельфе?

9. Можно ли сохранить естественный ландшафт в городе при строительстве?

## 8.1. СУЩНОСТЬ ЭКОЛОГИЧНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Так как почти все человечество живет в сложившихся поселениях, реальным направлением создания здоровой и красивой городской среды должно быть экологичное совершенствование существующей среды — экологичная реконструкция существующих городов и экологичная реставрация нарушенных ландшафтов. Большая часть современных мест расселения, индустриальных, энергетических и транспортных объектов, других зданий и инженерных сооружений не является экологичной в полной мере, часто не соответствует даже минимальным требованиям экологичности, а потому не сохраняет и не поддерживает высококачественную, экологичную, красивую городскую среду.

Чтобы такой город превратить в город со здоровой, красивой, экологичной средой, необходимо его экологичное совершенствование, т. е. экологичная реконструкция всех зданий и инженерных сооружений, реставрация загрязненных и разрушенных ландшафтов, их мелиорация (улучшение). Экологичная реконструкция — это изменение параметров существующего неэкологичного объекта (отдельного здания, инженерного сооружения, квартала, города, региона, страны) с приведением его и окружающей среды в состояние экологичности, в том числе равновесия с окружающей природной средой. Экологичная реставрация нарушенного ландшафта — это возврат компонентов ландшафта в естественное или близкое к нему природное состояние, которое было несколько десятилетий назад (20... 50 и более лет) до его антропогенного преобразования. Экологичная реконструкция страны, города, завода, энерго- или агрокомплекса включает в себя и экологичную реставрацию окружающих эти объекты ландшафтов. Поскольку мероприятия по экологичным реконструкциям и реставрации требуют крупных преобразований, они должны носить поэтапный характер. Возврат природы к естественному состоянию на первых этапах может быть частичен. Например, после проведения мероприятий по экологизации объекта часть ранее освоенной территории будет возвращена в состояние «зеленой лужайки». Экологи-

зация всей деятельности, экологичная реконструкция отдельных зданий и инженерных сооружений, их комплексов, городов, стран и всей освоенной территории Земли в целом — это исключительные по сложности и важности мероприятия (табл. 8.1).

Биопозитивная (экологичная) реконструкция застроенной среды и экологичная реставрация нарушенных ландшафтов являются

**Таблица 8.1. Уровни экологичной реконструкции и проводимые на них мероприятия**

| Уровень  | Мероприятия по экологичной реконструкции   |
|--|--|
| Урбанизованная и преобразованная часть планеты | <p>«Замещающая» экореконструкция преобразованной среды планеты на основе экологизации мышления и применения экологичных технологий с учетом инвайронментального пространства, обоснованного экологического следа, равного доступа к ресурсам. Поддержание биоразнообразия, необходимого соотношения между преобразованными и естественными территориями.</p> <p>Создание экокоридоров в масштабе планеты</p>   |
| Страна, сеть населенных мест                   | <p>«Замещающая» экореконструкция среды на основе экологизации мышления и применения экологичных технологий. Экореставрация ландшафтов.</p> <p>Создание экокаркаса страны и экокоридоров. Поддержание биоразнообразия, необходимого соотношения между преобразованными и естественными территориями.</p> <p>Экологическое зонирование территорий.</p> <p>Сокращение всех видов загрязнений</p>                  |
| Город  | <p>Экореконструкция города на основе экологизации технологий, создания здоровой архитектурно-ландшафтной среды.</p> <p>Создание экокаркаса города с зелеными коридорами. Поддержание экологически обоснованного соотношения между преобразованными и естественными территориями.</p> <p>Введение непрерывного экологического образования и воспитания.</p> <p>Экологизация учебно-воспитательных заведений</p> |
| Городские ландшафты и их компоненты            | <p>Поддержание хорошего состояния культурных ландшафтов, экологической инфраструктуры.</p> <p>Сохранение и восстановление природных ландшафтов, организация зеленых коридоров.</p> <p>Фитомелиорация и пермакультура.</p> <p>Поддержание экологически обоснованного соотношения природной и урбанизованной сред</p>  |

| Уровень   | Мероприятия по экологичной реконструкции  |
|---|---|
| Индустрия, в том числе строительство, транспорт | <p>Системная экологизация индустрии в городе.<br/> Экологизация добычи и использования ресурсов.<br/> Экологизация технологий.<br/> Экореконструкция зданий и сооружений.<br/> Перевод объектов в подземное пространство.<br/> Конверсия наиболее «грязных» производств (переход на выпуск иной продукции).<br/> Вывод (индустриальное переселение) промышленных объектов из города.<br/> Введение экологического зонирования</p> |
| Энергетика                                      | <p>Системная экологизация энергокомплекса города.<br/> Экологизация и миниатюризация технологий.<br/> Экологичная реконструкция зданий и сооружений.<br/> Утилизация всей сбросной теплоты.<br/> Экореконструкция технологических трубопроводов от энергетических объектов к потребителям</p>   |
| Учебные заведения                               | <p>Экореконструкция с включением ее элементов в учебный процесс. Участие учеников в процессе экологизации.<br/> Введение передовых технологий экологизации, приборов и установок в учебные дисциплины — физику, химию, экологию, биологию и др.<br/> Привнесение во все учебные здания элементов «зеленой» архитектуры, экологичной красоты</p>   |
| Инженерные сети                                 | <p>Экореконструкция сетей на основе комплекса требований архитектурно-строительной экологии.<br/> Перевод всех сетей в подземное пространство.<br/> Сокращение протяженности и исключение ряда сетей путем применения принципа миниатюризации (домовые котельные и др.), независимости от внешних сетей</p>   |
| Свалки и хранилища отходов                      | <p>Системная экореконструкция на основе отдельного сбора, утилизации, сокращения объема отходов.<br/> Экологизация новых хранилищ отходов.<br/> Переработка старых свалок.<br/> Создание техногенных месторождений (помещение под землю отходов, которые пока нет возможности перерабатывать).<br/> «Замещающая» экореконструкция брошенных загрязненных и испорченных ландшафтов</p>   |

| Уровень  | Мероприятия по экологичной реконструкции  |
|--|---|
| Жилые кварталы и дворы, отдельные жилые здания | <p>Экореконструкция на основе решений архитектурно-строительной экологии. Придание зданиям «умных» (интеллектуальных) качеств.</p> <p>Включение зеленых насаждений кварталов и дворов в зеленую сеть города путем устройства зеленых коридоров.</p> <p>Создание архитектурно-планировочными и другими средствами условий, способствующих общению жителей.</p> <p>Вовлечение всех жильцов дома в процесс экологизации</p>                            |
| Квартиры                                       | <p>Создание экологичной внутренней среды (в том числе визуальной, звуковой и запаховой), использование разнообразной внутренней отделки, исключение агрессивных полей.</p> <p>Обеспечение просторного и экологичного вида из окна.</p> <p>Применение натуральных материалов в отделке и мебели, фитодизайн помещений.</p> <p>Внедрение натуральных вентиляции, освещения</p>  |
| Среда внутри офисов, производственных зданий   | <p>Создание максимально экологичной среды (в том числе визуальной, звуковой и запаховой), сокращение или исключение всех агрессивных полей.</p> <p>Фитодизайн (максимальное использование разных видов озеленения в помещениях).</p> <p>Обеспечение яркого естественного освещения, ввода дневного света при помощи зеркал снаружи окон, естественной вентиляции.</p> <p>Создание экологически обоснованного пространства для каждого работника</p> |

одними из наиболее реальных путей сокращения недопустимо большого экологического следа городов и приведения его в соответствие с реальной территорией планеты. Проблемы экологичного восстановления актуальны и для социально-экономической среды.

## 8.2. ЭКОЛОГИЧНАЯ РЕСТАВРАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Придать экологичные (биопозитивные) свойства ранее нарушенному или полностью преобразованному человеческой деятельностью, разрушенному ландшафту — это значит обеспечить сохранение оставшейся в ненарушенном состоянии природы, реставрацию (восстановление) нарушенной или полностью разру-

Таблица 8.2. **Возможности экологичного восстановления компонентов ландшафта**

| Компонент или показатель состояния компонента | Возможности возврата к прежнему объему и качеству компонента ландшафта   |
|---|--|
| Чистота воздуха                               | Возможно приближение к прежней чистоте   |
| Состав воздуха                                | Полный возврат неосуществим; возможно приближение к природному составу   |
| Движение воздуха                              | Возврат невозможен, так как городская застройка преобразовывает это движение. Необходима фито-мелиорация и экологизация деятельности в городе  |
| Почвенно-растительный слой                    | Возврат практически неосуществим; возможно искусственное поддержание почвенно-растительного слоя   |
| Рельеф  | Возврат практически неосуществим   |
| Состояние глубинных слоев литосферы           | Возврат неосуществим, так как напряженно-деформированное состояние литосферы изменилось под действием веса объектов  |
| Качество воды                                 | Возможно приближение к прежнему качеству   |
| Водоемы                                       | Возможно восстановление всех природных водоемов (речек, ручьев и др.)  |
| Движение грунтовых вод                        | Возврат практически невозможен   |
| Флора   | Возврат неосуществим; возможна замена на новую, более устойчивую и менее разнообразную городскую флору   |
| Фауна   | Возврат неосуществим; возможна замена на новую, менее разнообразную фауну, способную существовать в городе и рядом с ним   |
| Естественный климат, микроклимат              | Полный возврат невозможен, город и его сооружения существенно влияют на климат и микроклимат города  |
| Сенсорная среда                               | Полный возврат невозможен. Необходимо приближение к естественным природным воздействиям на органы чувств   |
| Соотношение естественной среды и города       | Полный возврат к естественной среде невозможен. Необходимо установление соотношения, поддерживающего природу и не допускающего ее отступления; требуется восстановление экологической инфраструктуры |

шенной природной среды. При реставрации желателен возврат к прежнему состоянию компонентов ландшафта, но в соответствии с экологическими законами такой возврат не может быть полным. Можно сохранить нетронутые природные территории и восстановить качество нарушенных участков природы, но почти во всех случаях при этом будут созданы новые, культурные, ландшафты, отличающиеся от ранее существовавших природных комплексов (табл. 8.2).

Идеальная экологичная реставрация с полным возвратом природной среды к ее естественному состоянию неосуществима ввиду невозможности, например, восстановления антропогенно преобразованного рельефа или литосферы (глубинных слоев, сжатых под действием веса городских зданий, и др.), природной флоры и фауны. В большинстве случаев возможно некоторое приближение к природному состоянию ряда компонентов ландшафта (сенсорной среды, воздуха, воды) или замена компонента (флоры, фауны).

Экологичная реставрация может заключаться в возврате загрязненного ландшафта или его отдельных компонентов в состояние, близкое к прежнему естественному (например, перевод наземного объекта в подземное пространство с устройством на освободившейся поверхности земли сквера или парка), либо в создании на нарушенной территории нового природного ландшафта (например, создание искусственного озера на месте заброшенного открытого карьера для добычи какого-либо сырья) (рис. 8.1). Экологичная реставрация загрязненных ландшафтов приносит реальные положительные результаты, если она имеет системный характер, сопряжена с постоянной экологизацией технологий, которые способствовали ранее загрязнению ландшафта (табл. 8.3). Протезирование нарушенного ландшафта должно применяться как крайняя мера при восстановлении его свойств, при этом для протезов нужно использовать только естественные или экосовместимые искусственные материалы.

Восстановление свойств почв, грунта, грунтовых вод относится к одному из наиболее трудоемких процессов в связи со сложностью технологии удаления загрязнений из почвы. Восстановление свойств почв может осуществляться на месте их расположения. Для этого используются: глубокая вспашка и аэрация; микробное восстановление свойств; фитомелиорация; промывка почв на месте; введение в почвы связывающих загрязнения добавок, гумуса, других природных удобрений, микроэлементов. Одним из способов является также невмешательство в процесс естественного долголетнего восстановления свойств.

Другой вариант восстановления свойств почв заключается в снятии загрязненного слоя, очистке его в заводских условиях и последующем возврате на место. В этом случае после возврата по-

чвы необходимо искусственное создание в ней микрофлоры и микрофауны.

Среди всех способов восстановления свойств почв наиболее эффективны микробное восстановление и фитомелиорация. Некото-

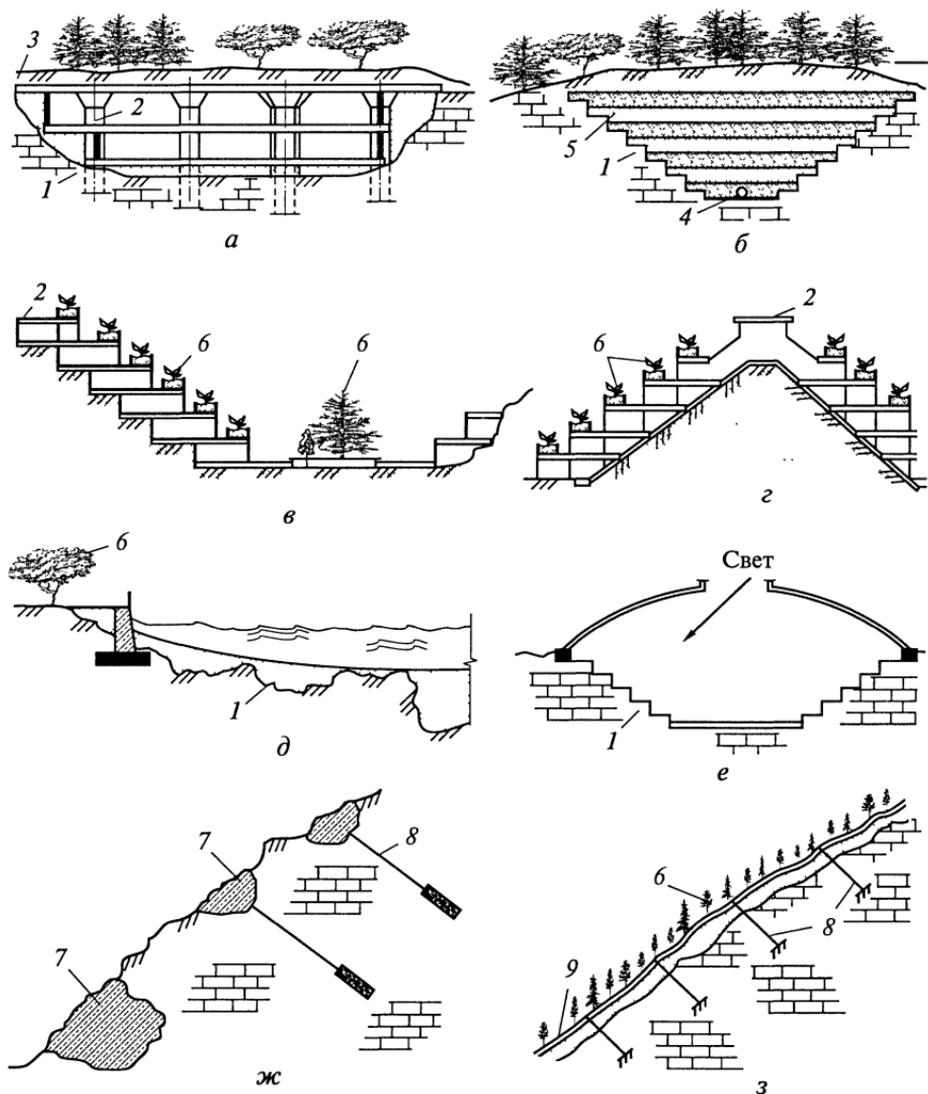


Рис. 8.1. Варианты биопозитивной реставрации ландшафтов:

*a* — строительство здания в выемке; *б* — устройство свалки в выемке; *в*, *г* — застройка неудобий; *д* — создание искусственного водоема; *е* — сооружение спорт-комплекса в выемке; *ж*, *з* — протезирование и озеленение; 1 — выемка; 2 — здание; 3 — обваловка; 4 — дренажная система; 5 — свалка; 6 — высаживаемые растения; 7 — пломбы; 8 — анкеры; 9 — сетка, удерживающая грунт и растительность

Таблица 8.3. **Направления экологичной реставрации компонентов ландшафтов**

| Компонент          | Направления экологичной реставрации   |
|--------------------|---|
| Почва              | Естественное многолетнее восстановление.<br>Промывка, аэрация, введение гумуса, фитомелиорация.<br>Микробное восстановление.<br>Снятие, очистка и возврат с введением флоры и фауны   |
| Вода               | Естественное многолетнее восстановление.<br>Снижение водопотребления и создание замкнутых циклов водопотребления.<br>Глубокая очистка воды и ила в водоемах.<br>Поддержка развития растений и животных, играющих роль биофильтров   |
| Атмосфера          | Экологизация атмосферы, глубокая очистка воздуха.<br>Фитомелиорация, пермакультура.<br>Дезодорация, одорация природными запахами.<br>Восстановление слоя озона  |
| Рельеф и литосфера | Протезирование нарушенных и исчезнувших форм.<br>Рекультивация нарушенных территорий.<br>Противоэрозионные мероприятия.<br>Создание подземных техногенных месторождений   |
| Флора и фауна      | Экореставрация ландшафта, устройство устойчивого культурного ландшафта.<br>Сохранение естественной территории с созданием зеленых зон и коридоров.<br>Устройство охраняемых природных территорий с непроницаемыми границами.<br>Устройство в исключительных случаях искусственных биосфер |

рые микроорганизмы способны продуцировать почвенные полимеры и таким образом связывать ряд загрязнений в почве [16].

Для восстановления свойств грунтовых вод нужно в процессе очистки грунта и почвенного слоя или после нее устранить все искусственные преграды на пути движения грунтовых вод (подземные стены, фундаменты, уплотненный или закрепленный грунт, бетонные массивы и др.), восстановить рельеф и растительность. Одновременно должно быть прекращено поступление загрязнителей в грунтовые воды.

Если поверхность земли сильно эродирована, почвенный слой унесен, то восстановление травяного покрова, кустарников и деревьев может представлять сложную проблему, особенно на скальных основаниях. В этом случае можно использовать искусственные почво-дерновые ковры, расстилаемые по любому грунтовому ос-

нованию. Эти ковры могут быть выполнены в виде многослойного мата, в котором между верхним и нижним водопроницаемыми синтетическими сетчатыми покрытиями (геотекстилем) расположен слой естественного грунта с удобрениями и семенами травы, причем наружные сетки периодически прошиты, чтобы мат не развалился. После укрепления матов остается только полить эти ковры или дожидаться естественных осадков. Постепенно корни травы проникают в расположенный ниже естественный грунт и закрепляются. Для закрепления почвенно-растительного слоя используют решетчатые маты.

В процессе восстановления состояния водоемов (всех видов текучих и стоячих вод) необходимо восстановить свойства воды, растительного и животного мира, рельефа. Эти компоненты водоемов взаимосвязаны: растительность и животные помогают очистить воду, работая в качестве биофильтров; растительность влияет на рельеф дна, формируя отложения.

Для восстановления чистоты водоемов применяют различные способы. Одним из основных является запрещение сброса загрязненных вод в водоем (переход на сниженное водопотребление с замкнутыми циклами или использование глубокой очистки сбрасываемых вод с последующим возвратом их в цикл) и невмешательство в многолетний процесс самовосстановления водоема, т. е. его естественной очистки благодаря выпадению чистых дождей, абсорбции загрязнителей растительностью и животными, разбавлению воды чистыми водами из впадающих рек или ручьев и т. д. Могут быть рекомендованы удаление сильно загрязненного ила и его очистка в заводских условиях или захоронение при невозможности очистки, а также удаление илистых неорганических загрязненных наносов.

Перспективным вариантом являются постоянно работающие очистные установки, которые используют энергию ветроагрегатов, размещенных на берегу водоема или на дне. Приводимые ветроагрегатами насосы обеспечивают постоянную подачу воды в воздух. Капли воды, проходя сквозь воздух, будут очищаться и насыщаться кислородом.

Можно указать еще ряд способов: выращивание в загрязненном иле водных растений, способствующих выведению из него загрязняющих веществ, с последующей уборкой этих растений и их захоронением, а также создание сообществ таких растений и питающихся ими рыб; культивирование водных животных — биофильтров (мидии и др.), создание условий и подводных устройств для их размножения и безопасного существования; использование автоматических подводных очистных установок, работающих на энергии течения воды или движения волн.

Восстановление рельефа и литосферы может быть необходимо после окончания добычи открытым способом различных полез-

ных ископаемых, в случае если образовавшиеся выемки мешают сельскохозяйственному либо какому-то другому освоению территории, или визуальнo загрязняют ландшафт, или являются накопителями грунтовых вод. После разработки гор или холмов их восстановление необходимо, например, для возврата прежнего микроклимата территории. Восстановление рельефа актуально также для береговой зоны с сильной абразией (разрушение берегов волнами, водой) и для выветривающихся склонов гор.

Восстановление литосферы может быть рекомендовано в связи с образованием больших подземных полостей, вызывающих деформирование дневной поверхности и расположенных над ними зданий, а также отрицательно влияющих на движение грунтовых вод.

Для восстановления рельефа применяют следующие способы: устройство внутри выработки подземного сооружения с укладкой на покрытие почвенно-растительного слоя толщиной 0,5... 2 м; засыпка открытых полостей естественным грунтом, подобным по составу окружающему (вмещающему) грунту, с уплотнением его до плотности окружающего грунта (чтобы не было осадки дневной поверхности) и созданием по верху почвенного слоя;

послойная засыпка большой выработки в нефилтующем прочном грунте без трещин и грунтовых вод нетоксичными отходами и грунтом с дальнейшей укладкой по верху почвенного слоя, в который можно посадить деревья и траву;

заполнение разработанных в склонах гор выемок бетоном или бутобетоном, заанкеренным в массив скалы;

восстановление (протезирование) полностью скрытых возвышенностей наподобие строительства плотины. Вначале надо создать бетонное многупустотное или грунтовое ядро (основу горы); затем в полости на наружной поверхности бетона (выполняются при бетонировании) уложить слой растительного грунта, обеспечивающий возможность роста корней растений, по склону искусственной горы уложить грунтово-дерновой ковер;

создание искусственного озера в выемке, если в ней имеется грунтовая вода. Для этого можно засыпать крупные неровности на дне, закрепить берега (например, сделать набережные и озеленить их), уложить слой ила на дно, высадить водные растения и затем постепенно зарыбить озеро стойкими к данной среде породами. Далее можно высадить в иле подходящие для среды и используемые рыбами растения;

восстановление рельефа дна водоемов отсыпкой камня с закреплением водорослями. При необходимости переформирования рельефа дна применяют искусственные водоросли, так как они задерживают перемещаемые водой твердые частицы.

Экологичным способом реконструкции нарушенного ландшафта можно считать его использование для строительства террасных зданий или других объектов (см. рис. 8.1).

Экологичная реконструкция литосферы (закрытых разработок) заключается в том, что вынутая порода замещается экосовместимым заполнением, которое должно обладать такими же прочностью, водонерастворимостью, водопроницаемостью, деформируемостью, как и вмещающий грунт, не выделять загрязнителей.

Если может быть обеспечена многолетняя герметичность полости внутри вмещающего грунта, в которую закладывается заполнение, а также гарантировано отсутствие контакта этого заполнения с грунтовыми водами, то закрытые выработки можно использовать и для захоронения малотоксичных отходов.

Важнейший вопрос восстановления флоры и фауны непосредственно связан с масштабом предполагаемых работ, который зависит как от степени антропогенного преобразования прежней флоры и фауны, так и от размеров территории. На макротерриториальном уровне следует обратить внимание на наличие или восстановление необходимого экологического каркаса мест расселения с созданием в обоснованных случаях зон экологического равновесия, буферной и др. В урбоареалах единственным экологичным способом частичного сохранения природной флоры и фауны и их восстановления является резервирование озелененных территорий внутри урбоареалов и соединение их сетью экологических (зеленых) коридоров. Зеленые территории обязательно должны соединяться достаточно широкими непрерывными коридорами для свободной миграции животных, поддержания биоразнообразия и устойчивости. С этой точки зрения предпочтительнее лучевая схема развития городов, когда между урбанизированными территориями сохраняется природная среда в виде зеленых лучей (рис. 8.2).

Дополнительные зеленые территории можно получить путем перевода под землю многих плоскостных сооружений — главным образом стоянок, автопредприятий, гаражей, складов, хранилищ и др.

Внутри зеленых коридоров в городах можно устраивать дорожки и площадки для занятий спортом, общественные центры экологического образования и воспитания, библиотеки, дендрарии, «пилотные» полностью экологичные здания и др. Густота сети зеленых коридоров может определяться из условия, что каждый житель города должен доходить от своего дома до озелененной территории не более чем за 15...20 мин. Этому времени соответствует расстояние около 1 км.

Вопрос восстановления фауны, интродукции и акклиматизации диких животных, обогащения ранее нарушенной фауны новыми или прежними видами чрезвычайно сложен ввиду расширения хозяйственной деятельности, создания антропогенных ландшафтов.



Рис. 8.2. Зеленые территории и коридоры г. Эребру (Швеция)

Восстановление флоры и фауны, существовавших до антропогенного изменения ландшафта, как правило, должно начинаться после восстановления рельефа, почвенного слоя, состояния водоемов, грунтовых вод. Растения и животные, являющиеся биофильтрами, могут использоваться на более ранних стадиях восстановления ландшафта для очистки его компонентов от загрязнителей.

### **8.3. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Экологизация производственных объектов ведется по следующим направлениям:

ликвидация «грязного» производственного объекта с возвращением ранее занятой территории в состояние «зеленой лужайки»; индустриальное переселение объекта на загородную территорию;

перевод производственного объекта в подземное пространство («вытеснение» неэкологичного сооружения) устройством на освободившейся территории парка, сквера и т. п.);

замена (замещение) «грязного» производственного объекта на более экологичный объект, соответствующий природно-ресурсному потенциалу региона;

полная замена «грязной» технологии на более чистую. Эта замена может быть результатом углубленного анализа потоков веществ (сырья, воды, отходов и др.) и энергии на предприятии и на соседних предприятиях (возможных потребителях отходов);

полное использование и ликвидация потерь сырья, предотвращение его попадания на ландшафт;

ликвидация территорий, на которых расположены шламовые пруды, шлам, отходы и т. д.; рекультивация этих территорий, их природоохранное обустройство с утилизацией всех видов отходов;

утилизация отходов производства, включение их в другие технологические циклы (производство строительных материалов и пр.); исключение отходов в результате совершенствования технологии;

использование энергоэкономичных решений про проектировании зданий, сооружений и технологических процессов; утилизация всей сбросной теплоты;

сокращение выбросов в атмосферу; постепенная ликвидация дымовых и выхлопных труб;

поиск и применение возобновляемых источников энергии для данного региона, частично заменяющих традиционные источники энергии;

использование водосберегающих технологий, оборотных циклов;

создание замкнутого технологического цикла;

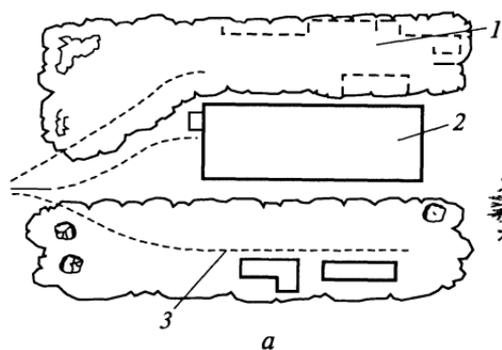
применение «мягких» технологий, сокращающих и исключаящих негативные воздействия предприятия на природу и людей;

стремление к более полному соответствию технологии и продукции предприятия природно-ресурсному потенциалу региона;

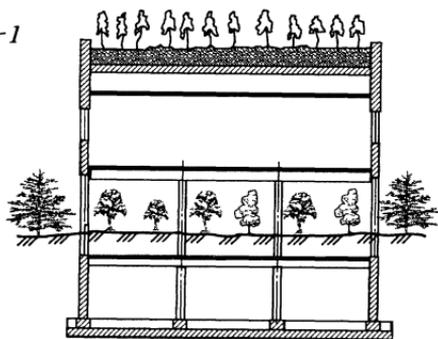
экологизация отдельных зданий и инженерных сооружений, загрязненных территорий. Это направление экологичной реконструкции не связано с крупными затратами.

План экологичной реконструкции предприятия должен быть частью плана экологичной реконструкции города, региона, крупной территории. В состав мероприятий по экореконструкции могут быть включены следующие работы (рис. 8.3):

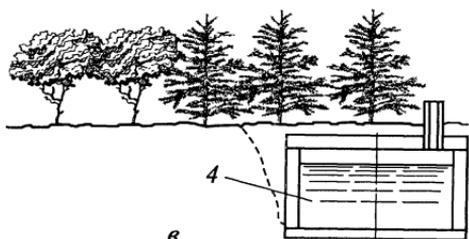
экореконструкция генерального плана завода (исключение больших объектов, цехов, складских зданий и подъездных путей к ним; объединение производств под одной кровлей с одним подъездным путем; исключение всевозможных бросовых территорий,



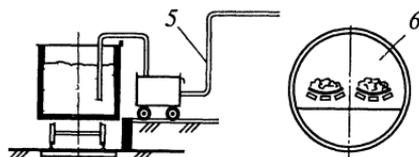
a



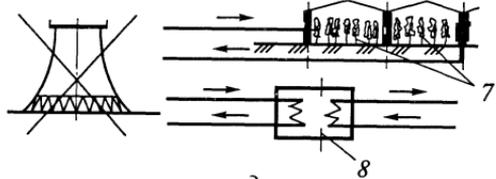
б



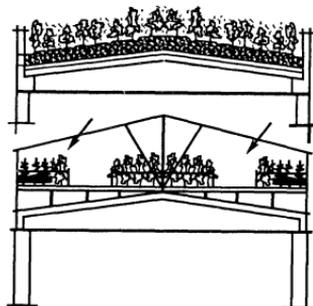
в



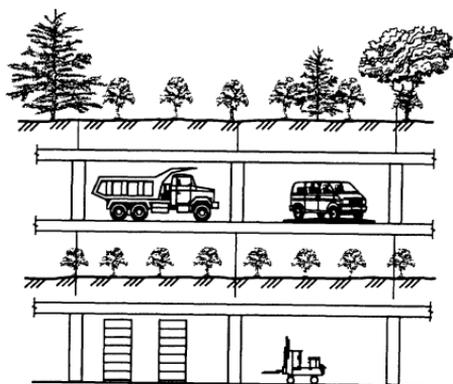
г



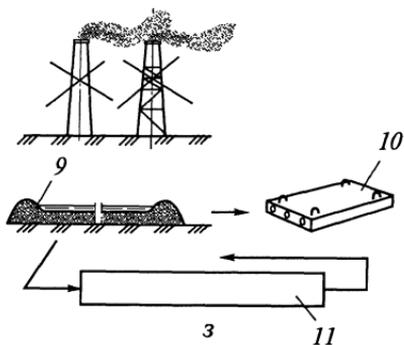
д



е



ж



свалок, захламленных участков с последующей фитомелиорацией освободившейся территории);

размещение всех объектов, не требующих безусловного наземного расположения и дневного освещения, в подземном пространстве, в местах, допустимых с точки зрения инженерно-геологических условий;

экологизация системы погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования материалов (применение трубопроводного транспорта, пневмотранспорта, конвейеров в трубе; использование на территории завода только грузового электротранспорта, оптимизация грузопотоков, использование «умных» технологий);

применение «умных» систем для экономии теплоты, воды, поддержки качества воздуха и т. д. Утилизация теплоты на заводе (от остывающих слитков, охлаждаемой воды, горячих технологических жидкостей и газов и др.) с помощью тепловых насосов. Использование наиболее эффективной для региона возобновляемой энергии;

создание системы сокращения выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду (переход к замкнутому водоснабжению, очистка выбрасываемого воздуха и демонтаж всех дымовых труб);

проектирование и возведение новых объектов в виде надземно-подземных зданий, в которых на уровне дневной поверхности имеются только опоры для вышележащих этажей, площадь застройки мала и поверхность земли под которыми может быть озеленена;

озеленение кровель (кровли-газоны), стен, устройство на крышах теплиц для выращивания овощей и цветов. Даже стены резервуаров, столбы освещения и другие пригодные поверхности должны быть озеленены. Для озеленения и ухода за насаждениями необходимо создание специальной службы;

создание системы утилизации всех твердых и жидких отходов, пригодных для изготовления строительных деталей, вяжущих; объединение отходов различных предприятий для их утилизации или образования антропогенных месторождений;

ввод завода в последовательную цепь предприятий по принципу экоцикла: отходы одного предприятия являются сырьем для другого;

Рис. 8.3. Направления биопозитивной реконструкции завода:

*a* — снижение площади застройки; *b* — надземное и подземное строительство; *в* — рекультивация территории; *г* — закрытое транспортирование материалов; *д* — утилизация сбросной теплоты; *e* — озеленение и устройство теплиц на кровле; *ж* — использование подземных зданий; *з* — исключение выбросов, утилизация отходов; *1* — разобранные здания; *2* — заводской корпус; *3* — разобранные пути; *4* — резервуар для хранения отходов; *5* — пневмотранспорт; *б* — конвейер в трубе; *7* — теплицы; *8* — теплообменник; *9* — шлам; *10* — строительные изделия с использованием шлама в качестве заполнителя; *11* — установка для очистки стоков шламовых прудов

переход к эко- и биотехнологиям, чтобы получать отходы, перерабатываемые окружающей средой на уровне биосферных циклов; дезодорация загрязненного воздуха и лечебная одорация среды в заводских зданиях и на территории предприятия;

антишумовые мероприятия и создание благоприятного звукового фона на территории;

миниатюризация предприятий (отказ от гигантских заводов и цехов), производств, средств транспорта, складских зданий и др.; визуальная реконструкция зданий и инженерных сооружений (придание фасадам разнообразия, красивых природоподобных форм).

Стратегическими направлениями в энергетике должны быть экологизация существующего энергокомплекса, экономия энергии и снижение энергопотребления, использование в допустимых масштабах нетрадиционных источников энергии. Экологичная реконструкция энергокомплекса может заключаться в таких мероприятиях, как:

экологизация генерального плана с исключением различных небольших зданий и подъездных путей, неосвоенных территорий, свалок и фитомелиорацией всех территорий;

введение системы глубокой очистки отходящих газов и получения серы, сокращение высоты дымовых труб вследствие очистки газов, постепенный отказ от дымовых труб;

переход на утилизацию всей сбросной теплоты с помощью тепловых насосов и ее применение для обогрева теплиц, отказ от градирен и исключение выброса теплоты в атмосферу, аккумулярование теплоты;

использование подземного пространства для размещения всех производственных помещений и складов, не нуждающихся в дневном освещении;

архифитомелиорация всех зданий (устройство кровель-газонов, вертикального озеленения стен, энергосберегающая реконструкция);

утилизация шлаков для производства стройматериалов и изделий;

перевод котлов на более экологичный вид топлива;

миниатюризация в энергетике, заключающаяся в отказе не только от строительства гигантских теплоэлектростанций, но и от чрезмерной централизации тепло- и энергоснабжения, в переходе, например, к строительству многочисленных небольших автономных домовых котельных, домовых теплоэлектростанций.

Экологичная реконструкция сельскохозяйственных объектов, экологизация пригородного и городского (в условиях чистой городской среды) сельскохозяйственного комплекса предусматривают:

экологизацию генерального плана землепользования (переход от обычных ортогональных планов сельхозугодий к криволинейным, соответствующим типам почв; введение в сельхозугодия

небольших участков неосвоенной природной среды; изменение соотношения освоенных и естественных территорий в целях поддержания экологического равновесия);

утилизацию всех органических отходов сельскохозяйственного производства для получения гумуса, биогаза и энергии;

утилизацию всей сбросной энергии, в том числе всей тепловой (вплоть до теплоты выдаваемого молока);

получение возобновляемой энергии на территории хозяйства (из биоотходов, ветровой, солнечной, геотермальной и др.);

перевод складов, холодильников, гаражей и других помещений под землю;

постепенный переход на мостовое земледелие, экоадаптивные агроэкокомплексы, гелиофитозоотроны. Использование части биоотходов для питания вермикультуры и повышения содержания гумуса в почвах;

возведение для сельских жителей энергоберегающих и энергоактивных индивидуальных домов с повышенным качеством жизни. Объединение небольших солнечных электростанций на всех индивидуальных домах в сельской местности в общую электростанцию значительной мощности.

Для создания высококачественной городской среды исключительно важна экологичная реконструкция свалок (связанные с ней проблемы должны решаться в комплексе с проблемой дифференцированного сбора и утилизации отходов). К свалкам могут быть приравнены заброшенные (покинутые) ландшафты, оставленные в антропогенно преобразованном и загрязненном состоянии после техногенного освоения (добычи полезных ископаемых, выброса загрязняющих веществ др.).

Экореконструкция свалок и хранилищ отходов должна рассматриваться как часть системы экологизации ресурсного цикла, сокращения объема отходов и включения всех отходов во вторичный ресурсный цикл как исходного сырья. Важнейшее направление в области экореконструкции свалок — это создание индустрии сбора, переработки и вторичного использования всех отходов в целях исключения их сброса. Другим направлением является экореконструкция старых свалок и создание новых экологичных свалок и хранилищ (рис. 8.4). Свалки и захоронения — одни из наиболее сложных объектов для экологичной реконструкции и мелиорации. Особая трудность реконструкции старых свалок связана с необходимостью их поиска, определения размеров, состава, состояния. Направления экореконструкции свалок могут быть следующими:

инженерно-геологические изыскания для оценки состояния, объема, степени опасности содержимого старых свалок; разработка мероприятий по их санации (санация может включать меры по оздоровлению свалок как без переработки, так и с переработкой содержимого);

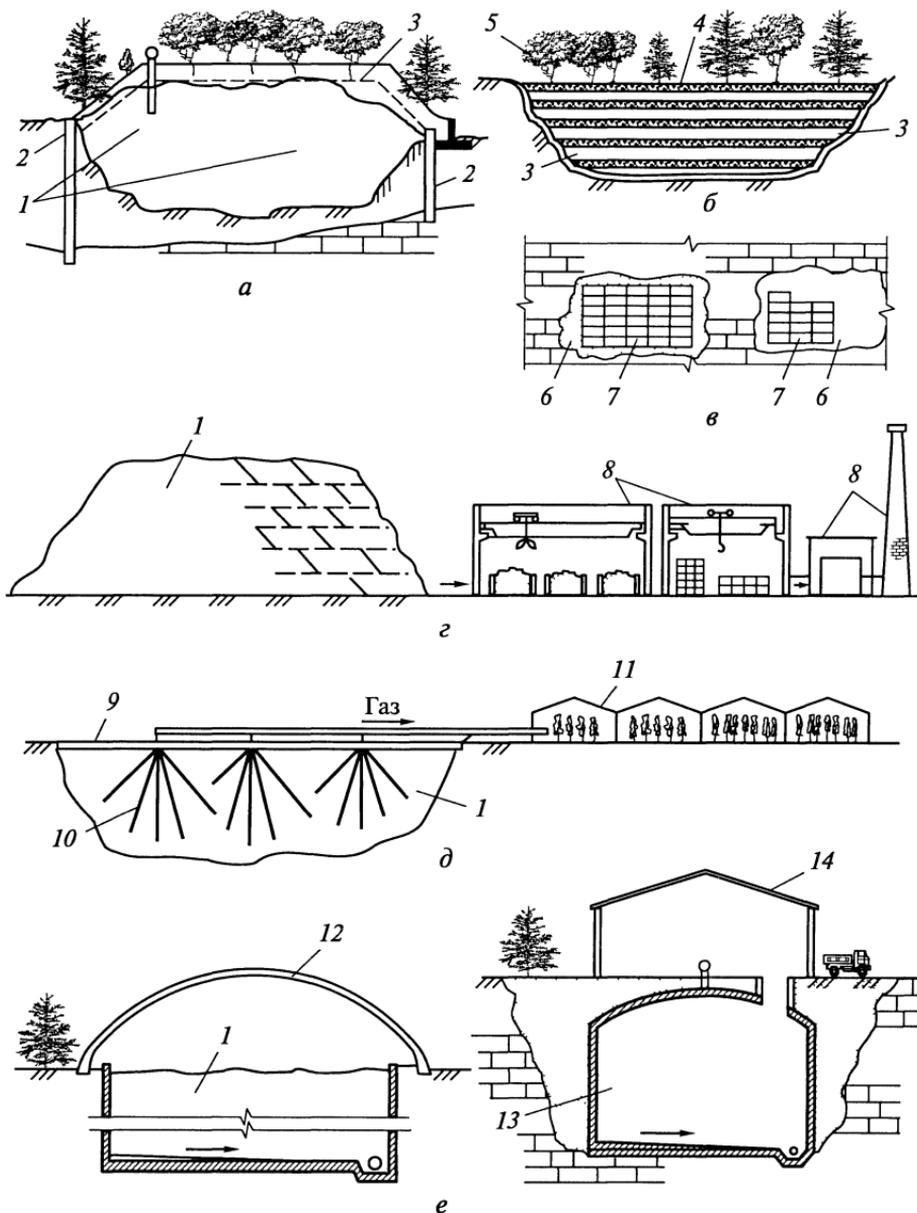


Рис. 8.4. Биопозитивные свалки:

*a* — с полной рекультивацией; *б* — в открытой полости; *в* — в закрытой полости; *г* — с переработкой содержимого; *д* — используемая для получения биогаза; *е* — закрытые; 1 — отходы; 2 — стены в грунте; 3 — перемежающиеся слои отходов и грунта; 4 — почва; 5 — зеленые насаждения; 6 — твердеющий раствор; 7 — пакетированные отходы; 8 — завод по переработке содержимого; 9 — герметичное покрытие; 10 — трубы для отбора биогаза; 11 — теплица; 12 — оболочка; 13 — подземный резервуар; 14 — здание над резервуаром

разработка и осуществление проектов санации старых свалок in-situ (на месте) с исключением поступления загрязнений в грунт и воздух (постановка завес в грунте вокруг свалки, изоляция свалки снизу и сверху, устройство скважин в теле свалки для поступления воздуха и ускорения процесса разложения, устройство дренажа для сбора и очистки стоков);

переработка содержимого старых свалок, детоксикация опасных отходов (термическая, химическая и др.); разделение материалов и их утилизация (металл, пластик, стекло); получение биогаза, обваловка свалки растительным грунтом и высаживание кустарников и деревьев;

на действующих свалках разделение выбрасываемых отходов на утилизируемые (отдельно — металлы, стекло, пластик, дерево, строительные отходы, шлаки, пригодные для вермикультуры неопасные биоотходы) и на не утилизируемые (токсичные отходы, не поддающиеся детоксикации при современном уровне технологий, и др.); устройство гидроизоляции и дренажа вокруг свалок для исключения загрязнения грунтовых вод; получение биогаза и гумуса при разложении биоотходов; устройство перемещаемой по рельсам передвижной кровли над свалкой для исключения попадания атмосферных осадков в свалку; дезодорация выделений.

К свалкам в полной мере применим принцип миниатюризации. Он может заключаться в отказе от устройства гигантских свалок, предварительной дифференциации отходов и поступлении каждого из них в меньшем объеме на переработку, домашнем прессовании не утилизируемой части отходов и поступлении их на захоронение в небольших тюках, устройстве небольших предприятий по переработке и утилизации рециклируемых отходов.

Территории, брошенные после загрязнения или после открытой добычи минералов, представляют собой стихийные свалки; они неэстетичны, являются источниками дополнительных загрязнений. Застройка таких территорий — эффективный путь их использования. Экологичная реконструкция свалок исключительна по своей ценности, так как она позволяет не только ликвидировать места концентрации загрязнителей, но и получить в итоге природный ландшафт, вернуть природе часть территории, улучшить городскую среду.

## **8.4. ЭКОЛОГИЧНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ И УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Необходимость экологичной реконструкции жилых зданий возникла в связи с ростом требований к качеству жилища, его энер-

гозономичности, к уровню комфортности зданий массовой послевоенной застройки, их внешнему виду и теплоизолирующей способности стен. Такая реконструкция может начинаться с улучшения внешнего вида зданий и озеленения пространства вблизи них, а также с вертикального и горизонтального озеленения стен и кровель. При этом в толще стен или на их поверхности можно устраивать скворечники для птиц. Даже такие простые мероприятия позволяют существенно улучшить визуальное восприятие зданий и оздоровить окружающую среду.

При озеленении важен не только правильный, экологически обоснованный выбор вьющихся растений, но и использование для их крепления архитектурно выразительных, красивых и долговечных кронштейнов (рис. 8.5). Они могут быть выполнены в виде керамических оболочек, сложных фигур, фигурок птиц и зверей, керамических карнизов с высококачественной отделкой.

Проблемы повышения качества городской среды осложняются тем, что размеры, звуко- и теплоизоляция комнат и подсобных помещений (кухни, лоджии) в ранее возведенных зданиях не удовлетворяют современным требованиям. Экологичная реконструкция таких зданий предусматривает следующие мероприятия:

наружное (что лучше) или внутреннее утепление стен с помощью эффективной теплоизоляции и устройство новой архитектурно выразительной наружной отделки;

повышение звукоизоляции стен и перекрытий путем наклеивания звукоизоляционных плит на потолки и стены;

укладка нового хорошо звукоизолирующего пола, например с тонким слоем пенополистирола и гипсоволокнистых плит;

устройство новых застекленных лоджий с использованием специальных мер по гашению наружных шумов. Часть такой лоджии может быть выполнена с теплыми стенами и отоплением;

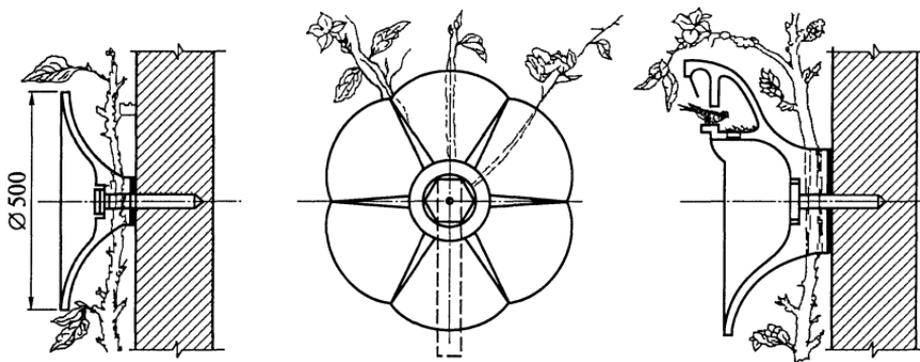


Рис. 8.5. Виды кронштейнов («розеток»), используемых для крепления растений и украшения фасадов, стен

применение при реконструкции стен пространственных элементов в форме оболочек, выполненных из керамики, железобетона;

устройство эксплуатируемой кровли-газона или черепичной крыши с эксплуатируемыми мансардами. На кровле могут быть зимние сады со светопроницаемым ограждением, перемежающиеся с мансардными помещениями;

пристройка к наружной стене в нижней части здания остекленного зимнего сада (теплицы) высотой в один или два этажа;

прикрепление к наружным глухим стенам здания декоративных керамических держателей для сплошного вертикального озеленения. Для корней растений делают декоративно оформленные проемы в отступке:

установка на кровле гелиоколлекторов для нагрева воды;

устройство автономной теплоэлектростанции, работающей на газе или дизельном топливе, автономных систем утилизации геотермальной энергии, дифференцированного сбора и утилизации отходов и др.

Экологичную реконструкцию должны планировать и осуществлять экологически образованные специалисты совместно с жителями, поэтому особо актуален вопрос первоочередного проведения экореконструкции всех учебно-воспитательных объектов — детских садов, школ, колледжей, университетов и т. д. Экологичная реконструкция учебных заведений необходима в первую очередь для экологического образования и воспитания учащихся. Направлениями такой экореконструкции могут быть:

создание красивой и здоровой архитектурно-ландшафтной среды;

применение возобновляемой энергии для отопления, освещения и др.;

экономия ресурсов (электроэнергии, воды, газа);

утилизация органических отходов с получением биогаза, удобрений;

поддержка биоразнообразия флоры и фауны.

Экологичная реконструкция учебно-воспитательных объектов должна носить системный характер. Она может осуществляться по этапам, каждый из которых будет решать один из конкретных вопросов повышения экологичности и одновременно служить наглядным пособием для обучения. Экореконструкция должна быть направлена не только на достижение независимости зданий от внешних сетей, незагрязнение природы и ее поддержку, но и на получение красивой и здоровой архитектурно-ландшафтной среды. Солнечные батареи и гелиоколлекторы не обязательно должны быть расположены на кровле здания. Чтобы не ухудшать вид здания, они могут быть смонтированы на специальных подставках

непосредственно на уровне дневной поверхности. Точно так же ветроагрегаты могут не иметь видимых движущихся лопастей, чтобы не привлекать излишнего внимания и не влиять негативно на восприятие экологичного объекта. Вращающиеся лопасти могут быть скрыты внутри неподвижных концентраторов ветрового потока. В то же время на отдаленных участках, возвышенностях следует установить традиционные ветроагрегаты пропеллерного типа на высоких опорах, чтобы учащиеся могли наблюдать за их работой.

При проведении экологичной реконструкции учебных зданий должны быть решены вопросы повышения качества среды не только снаружи, но и внутри здания, например при помощи устройства зимних садов, оранжерей, небольших зоосадов. На примере таких зданий можно продемонстрировать необходимость применения естественных систем освещения и вентиляции. На кровле можно разместить солнечные батареи и поворотные системы солнцезащиты с солнечными батареями, на окнах — системы солнцезащиты, совмещенные с зеркалами для отражения солнечных лучей вглубь помещений и с солнечными батареями для выработки электроэнергии. Еще большие возможности дает применение светопрозрачных солнечных батарей на стеклах окон. Изучение конструкции и принципов работы всех этих устройств должно быть включено в учебный процесс.

**Таблица 8.4. Мероприятия по экологичной реконструкции учебных заведений в рамках обучения по предметам**

| Мероприятия  | Предметы                                |
|--|---|
| Оборудование зданий и сооружений установками для утилизации возобновляемой энергии (солнечной, ветровой, геотермальной, биоэнергии), устройство аккумуляторов энергии в подвалах зданий  | Физика, экономика, автоматизация, химия |
| Дополнительное наружное утепление стен с помощью эффективной теплоизоляции и выполнение новой наружной отделки; устройство «пассивного» солнечного отопления и охлаждения с использованием систем автоматизации изучаемых в учебных курсах | Физика, экономика, автоматизация        |
| Создание естественной системы вентиляции   | Физика                                  |
| Утилизация всей внутренней теплоты (от людей, приборов) с помощью тепловых насосов; сохранение теплоты)  | Теплотехника, физика, химия             |

| Мероприятия   | Предметы               |
|---|------------------------|
| Сбор и использование дождевой воды с твердых покрытий, вторичное использование воды из умывальников для смыва в туалетах                          | Экология               |
| Повышение звукоизоляции стен и перекрытий путем наклеивания звукоизоляционных плит на потолки и стены   | Физика                 |
| Укладка нового хорошо звукоизолирующего пола, например с тонким слоем пенополистирола и гипсоволокнистых плит                                     | »                      |
| Устройство плодового сада, удобряемого получаемым из органических отходов школы гумусом   | Биология               |
| Устройство школьного зоологического сада, школьной теплицы с экзотическими растениями   | Биология, экология     |
| Устройство зеленых коридоров на территории; сооружение велодорожек  | Биология, физкультура  |
| Устройство в подземной части школьной территории эксплуатируемых школьных помещений (библиотеки с читальным залом, спортзала или дискотеки)       | Экология               |
| Устройство эксплуатируемой кровли-газона (можно с бассейном) с выходом на нее с лестничной клетки   | Биология               |
| Устройство на кровле зимних садов со светопроницаемыми ограждениями, перемежающихся с мансардными эксплуатируемыми помещениями                    | Биология, экология     |
| Оборудование школьной территории автономными источниками освещения, питающимися солнечной энергией и автоматически включающимися и выключающимися | Физика, электротехника |
| Устройство освещения подземных зданий и сооружений с помощью ввода дневного света от концентраторов и системы зеркал                              | Физика                 |
| Улучшение освещенности помещений с помощью систем зеркал  | »                      |
| Приставка к наружной стене в нижней части здания остекленной теплицы высотой в один или два этажа   | Биология               |

| Мероприятия  | Предметы                       |
|--|--------------------------------|
| Прикрепление к наружным глухим стенам здания декоративных керамических держателей для сплошного вертикального озеленения; выполнение для корней растений декоративно оформленных проемов в отмостке      | Биология                       |
| Устройство водо- и воздухопроницаемых твердых покрытий на грунте вместо непроницаемых асфальтовых или бетонных   | »                              |
| Устройство автономной котельной, автономных систем дифференцированного сбора и утилизации отходов, очистки загрязненной воды («живые машины»)  | Физика, биология               |
| Устройство тротуаров, обогреваемых зимой с помощью источников возобновляемой энергии, устройство фонтанов, цветомузыкальных установок, приводимых в действие ветроагрегатами, энергией солнечных батарей | Физика                         |
| Создание автономной системы канализации с искусственным прудом («живые машины»)  | Биология                       |
| Создание «умной» (интеллектуальной) системы зданий с использованием компьютерных программ, рецепторов и эффекторов   | Физика, вычислительная техника |

Наилучшее экологическое воспитание — это воспитание, во-первых, при помощи окружающей здоровой и красивой архитектурно-ландшафтной среды; во-вторых, непосредственными действиями. Причем наиболее эффективно воспитание подрастающего поколения, которое еще не привыкло к неэкологичному окружению. Экологичная реконструкция учебных заведений как воспитательный процесс удовлетворяет всем названным критериям. Мероприятия, проводимые при такой реконструкции, должны стать частью процесса обучения по той или иной дисциплине (табл. 8.4).

В учебно-воспитательных зданиях нужно использовать самые современные приемы и направления экологизации, требующие быстродействующих процессоров (рис. 8.6). Например, можно частично или целиком реализовать идею «умного» здания, представляющего собой полностью экологичное здание, следящее с

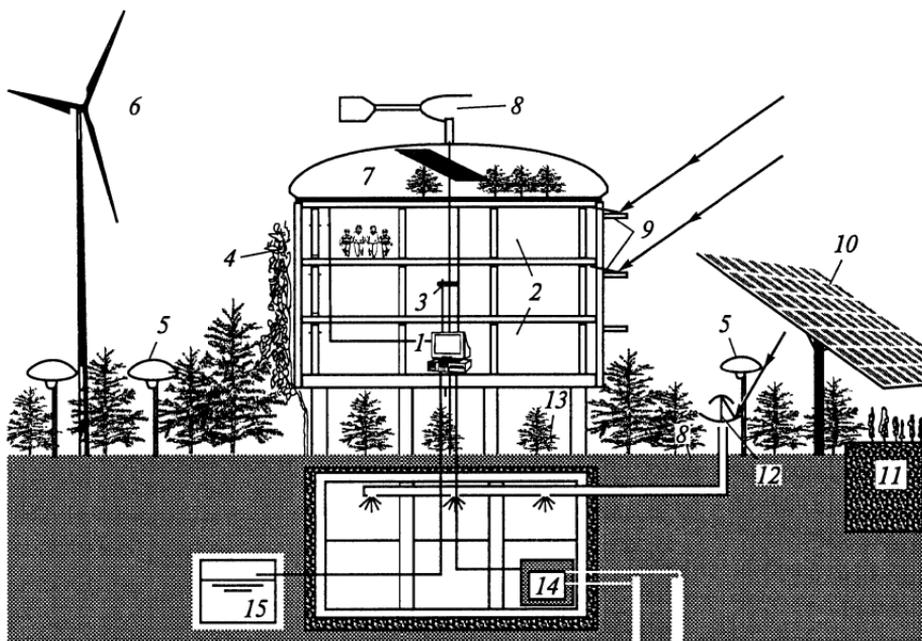


Рис. 8.6. Экологичное учебное здание:

1 — процессор с экспертными системами; 2 — классы с подключением всех экологических устройств; 3 — датчик качества воздуха; 4 — растения, используемые для вертикального озеленения; 5 — светильники на солнечных батареях; 6 — ветроагрегат; 7 — сад на кровле; 8 — дефлектор-«капюшон»; 9 — устройство ввода солнечного света; 10 — солнечные батареи; 11 — система очистки стоков («живые машины»); 12 — устройство ввода сконцентрированного дневного света под землю; 13 — растительность под зданием; 14 — установка геотермальной отопления; 15 — сборник «серой» воды

помощью датчиков за многими параметрами и вмешивающееся в процессы с помощью эффекторов.

## 8.5. ЭКОЛОГИЧНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В целях повышения качества городской среды экологичная реконструкция должна быть распространена на все типы инженерных сооружений, которые есть в современном городе: дороги, опоры освещения, подпорные и шумозащитные стены, мосты и путепроводы, тротуары, прогулочные дорожки и т.д. Полная экологичная реконструкция инженерных сооружений в нынешних условиях нереальна, она может выполняться только частично. Так, например, почти все твердые покрытия существующих автодорог и тротуаров выполнены водонепроницаемыми, что трудно изме-

нить при реконструкции. В то же время покрытия тротуаров, дорожек, стоянок для автотранспорта могут быть не только водопроницаемыми при изготовлении из мелких штучных плит, но и допускать небольшое озеленение.

При экологичной реконструкции подпорных стен их можно озеленять с помощью крепления вьющихся растений к анкерам на лицевой поверхности стены. К стене может быть также прикреплен трельяж из реек для вьющихся растений. В нем можно сделать скворечники для птиц, а в нижней части — гнезда для мелких животных, являющихся местными для данного ландшафта.

В современных больших городах получили распространение шумозащитные стены (экраны) вдоль грузонапряженных магистралей (см. подразд. 5.3). Как правило, эти экраны бионегативны, они не включают в себя элементов озеленения и других возможных компонентов экологизации. В то же время их роль экологична, поскольку они защищают жителей от чрезмерного шума. Степень экологичности экранов может быть повышена путем вертикального озеленения их поверхностей.

Озеленение лицевых поверхностей шумозащитных экранов требует повышенного внимания к выбору видов зеленых насаждений и способов ухода за ними, так как в местах установки экранов воздух сильно загрязнен и далеко не каждое растение выдержит такую среду.

Растения не только улучшают внешний вид монотонных поверхностей экранов, но и гасят шум, очищают воздух. Озелененные экраны лучше воспринимаются водителями. Даже в зимнее время вьющиеся по поверхности экрана ветви улучшают его визуальное восприятие. Однако за такими большими озелененными поверхностями требуется постоянный уход — обрезка, полив, удобрение земли.

Экологичная реконструкция опор освещения может заключаться в их вертикальном озеленении, оборудовании декоративными грунтовыми емкостями для цветов. Емкости (горшки) могут располагаться на земле (тогда корни цветов будут находиться в естественном грунте) либо на самой опоре освещения (в этом случае необходима периодическая поливка цветов, как комнатных растений). Поверхность опор освещения можно выполнить подобной коре деревьев, чтобы она активно осваивалась природой, на ней можно установить скворечники.

Одной из важнейших для современного города является проблема экологичной реконструкции транспортной системы — дорог, мостов, путепроводов, стоянок, гаражей и др. В ряде случаев она может быть решена путем озеленения участков, прилегающих к трамвайным путям, обочин дорог (особенно с интенсивным автомобильным движением), берегоукрепительных сооружений и др. Все направления экологичной реконструкции отдельных объек-

тов и экореставрации нарушенных ландшафтов должны являться составной частью экореконструкции любого неэкологичного места расселения.

## **8.6. УЛУЧШЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

Социально-психологическая среда, в состав которой входят внеэкономические отношения, в том числе и экологические мировоззрения как отдельного человека, так и больших коллективов, масс людей, тесно связана с архитектурно-ландшафтной средой. Внеэкономические отношения между людьми — это степень внимания и уважения или, напротив, неуважения друг к другу, различие или единство устремлений, вкусов, интерес или безразличие к общему делу. Экологизация социально-психологической среды предполагает экологизацию мышления и действий, поддержку людьми общих усилий, направленных на создание здоровой городской среды. Поэтому она связана в первую очередь с экологическим образованием и воспитанием. Экологическое образование и воспитание — это длительный, практически непрерывный процесс. Экологизация широкого круга внеэкономических отношений между людьми, предполагающая достижение большей гармонии в человеческих взаимоотношениях, зависит от множества социально-психологических факторов, в том числе от степени удовлетворения первоочередных потребностей, степени социальной защищенности, от отсутствия нищеты и т. д. Гармонизация отношений между жителями города может поддерживаться с помощью архитектурно-строительных решений, способствующих общению жителей дома (уютные озелененные дворы с беседками, зимние сады и оранжереи, кровли-газоны с дорожками для прогулок и др.), объединяющих их деятельность (например, по утилизации пищевых отходов жилого дома для получения удобрения, вносимого затем в почву плодовых садов рядом с домом и оранжерей, уходу за этими садами и оранжереями, по посадке новых кустов и деревьев и т. д.).

Часть социально-психологической среды тесно связана с возможностью создания высококачественной экологической инфраструктуры, поскольку она включает в себя экологические стороны мировоззрения, важные или безразличные для разных членов общества. Так как люди индивидуальны, то полного единства мышления и действий не достичь, но в случае экологизации социально-психологической среды можно добиться определенного направления мышления и действий, помогающих всем людям создать благоприятную для них среду жизни. Поэтому можно считать, что процесс экологизации мышления жителей города тесно

связан с окружающей их архитектурно-ландшафтной средой города, которая может быть искусственной средой, негативной для органов чувств, или более естественной, близкой к природе. Таким образом, экологизация социально-психологической среды частично связана с экологизацией архитектурно-ландшафтной среды. На первом месте здесь стоит сенсорная среда (визуальная, звуковая, запаховая), воспринимаемая органами чувств. Можно сказать, что благоприятная сенсорная среда города и более общая позитивная архитектурно-ландшафтная среда формируют экологичную социально-психологическую среду.

В результате индустриализации и стихийной урбанизации окружающая человека среда жизни постепенно стала «агрессивной» для органов чувств, исторически приспособленных к более позитивным воздействиям. Это не прошло бесследно. Известно, что люди, живущие в стандартных серых кварталах шумных и загрязненных городов, более склонны к агрессивным действиям — хулиганству, преступлениям. Высказаны предположения, что есть города-миротворцы (это, как правило, небольшие зеленые города с уютными улицами, застроенными нестандартными домами, которые украшены жителями в соответствии с их представлениями о красоте) и города-агрессоры (новые города с широкими прямыми проспектами, застроенными прямоугольными коробками зданий без каких-либо украшений, с интенсивным движением загрязняющего среду автотранспорта, с сильным шумом на улицах и внутри зданий и недостатком озелененных территорий).

Некоторые далеко не полные исследования влияния факторов городской среды на здоровье людей показывают, что степень их воздействия такова: качество жилой среды (жилая площадь, близость лесопарка, степень загрязнения воздуха, шум, длительность поездок в транспорте) — 16,5 %, образ жизни (курение, продолжительность сна, занятия физкультурой и спортом, активный отдых на воздухе, отпуск за городом, длительность домашней работы) — 25,5 %.

Проблема экологизации социально-психологической среды комплексна. Ее решение может рассматриваться как составная часть целостной программы создания экосити и поддержания высококачественной городской среды. Указанная проблема относится к взаимоотношениям общества с природой и техникой и потому неотделима от множества важнейших факторов устойчивого развития, в первую очередь таких, как ликвидация нищеты и бедствия, поддержание обоснованного соотношения между урбанизированной и природной средами и др. Внеэкономические отношения тесно связаны с экономическими и наоборот. Поэтому экологизация социально-психологической среды зависит от экологизации социально-экономической среды.

## 8.7. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Экологизация отношений между людьми, их группами, между ними и создаваемыми ими материальными и культурными ценностями, воздействующими на человека, включает в себя социально-психологические, социологические, демографические, национально-культурные, этнические, производственно-экономические и другие элементы. Отсюда следует, что она тесно связана с экологизацией широкого круга потребностей. Экологизация социально-экономической среды помогает создать красивый и любимый жителями город, удовлетворяющий их потребности и сохраняющий высококачественную среду жизни. Следовательно, постоянно растущие потребности жителей существенным образом определяют структуру экологичного, здорового и красивого города. Эти потребности должны быть наиболее полно удовлетворены, в то же время они должны быть экологизированы, чтобы их удовлетворение не наносило ущерба природе и людям. Удовлетворение растущих неэкологизированных потребностей ведет к поступлению в природу множества загрязнителей, которые в свою очередь воздействуют на жителей (рис. 8.7). Напротив, удовлетворение экологизированных потребностей жителей города одновременно позволяет поддерживать хорошее, близкое к природному, состояние городской среды.

Уровень удовлетворения потребностей должен быть экологически обоснован. Он должен соответствовать природно-ресурсно-



Рис. 8.7. Связь потребностей людей с загрязнением среды и ее воздействием на жителей города

му потенциалу региона, чтобы поддерживать состояние экологического равновесия. Обеспечить экологическое равновесие можно только экологизацией сознания жителей (они должны осознавать необходимость ограничения части своих потребностей), экологизацией самих потребностей, а также экологизацией производства товаров и услуг. Каждая из этих задач исключительно сложна, для их решения требуется длительное время. Ограничителями верхнего предела постоянно растущих индивидуальных потребностей жителя города выступают в первую очередь природно-ресурсные возможности региона и планеты в целом. Нижний предел удовлетворения потребностей человека определяется возможностями сохранения его здоровья и жизни. Все развитые страны подчеркивают, что их целью является наиболее полное удовлетворение постоянно растущих потребностей людей. Между тем пока никто не обозначил оптимальный круг потребностей и не определил пути их экологизации с учетом ограниченности природно-ресурсного потенциала. Неудовлетворение же потребностей или наличие больших препятствий на пути их удовлетворения является источником многочисленных заболеваний, стрессов, неврозов. Поэтому, с одной стороны, нужно определение круга потребностей, удовлетворение которых необходимо жителю города, и, с другой стороны, осознание жителем города необходимости экологизации своих потребностей и достижения их соответствия ресурсному потенциалу региона.

В связи с экспоненциальным ростом населения, ограниченностью и постоянным сокращением ресурсного потенциала планеты снижаются возможности удовлетворения всех потребностей. Одним из реальных путей решения этой проблемы является экологизация потребностей жителя города наряду с его экологическим образованием и воспитанием. На размер экологического следа города наиболее интенсивно влияют потребности в пище и ассимиляции отходов, тогда как влияние способа получения энергии менее значительно.

Экологизация потребностей жителя города — это установление соответствия между потребностями и природно-ресурсным потенциалом города и региона, удовлетворение только экологических потребностей (т.е. таких, которые не наносят ущерба природной среде и качеству жизни, удовлетворение которых не вызывает сокращения природно-ресурсного потенциала, а напротив, позволяет восстановить природную среду, повысить ее качество, помочь местной флоре и фауне).

Естественные, или биологические, потребности — это потребности, удовлетворение которых обеспечивает возможность физического существования человека в условиях комфортной среды (тепловой, радиационной, магнитно-волновой, информационно-пространственной и природного комфорта), потребности в

хороших воздухе и воде, полноценном сне, защищенности от заболеваний, продолжении рода, наличии определенного жизненного и трудового индивидуального участка; к ним относят также сексуальную потребность. Экологизация биологических потребностей связана с необходимостью создания экологичной, чистой городской среды и поддержания хорошего состояния естественной и искусственной природы в городе.

Требуется изучения проблема потребности жителя города в биологическом пространственном комфорте. Имеются, по-видимому, верхний и нижний пределы пространства, в котором человек чувствует себя комфортно. Известны «стресс присутствия, переуплотненности» и «стресс отсутствия, сверхразреженности»: человек нуждается в определенном свободном «личном» пространстве и негативно воспринимает вторжение в это пространство других людей, в то же время он нуждается в присутствии людей, негативно воспринимает одиночество. Экологизация потребности в пространстве должна быть направлена на предоставление каждому жителю города экологически обоснованной территории, площади жилья и обязательной отдельной комнаты в квартире, а также на недопущение переуплотненности транспортных средств, улиц, предприятий обслуживания, мест отдыха.

Экологизация потребности в продолжении рода должна быть связана с ростом благосостояния, повышением экологичности мышления и добровольным контролем рождаемости, обусловленным демографической емкостью региона. Для множества территорий России очень актуальна проблема роста рождаемости и повышения продолжительности жизни при росте качества городской среды в связи с низкой плотностью населения.

Физически комфортная городская среда (тепловой, радиационный, радиоволновой комфорт, комфортная природная среда, отсутствие шума) обеспечивается экологичностью архитектурно-планировочных решений: «теплые» стены, тщательный контроль материалов, шумозащитные мероприятия, озеленение, наличие птиц и мелких животных и др.

Под трудовыми потребностями понимают потребности в труде в соответствии с индивидуальными особенностями человека, и адекватном его поощрении, а также потребности в познании, образовании, игре (для детей). Экологизация трудовых потребностей — это очень сложная проблема, так как труд обеспечивает удовлетворение экономических и других потребностей и обычно служит для «зарабатывания на жизнь», т.е. является источником существования жителя города и его семьи.

Экологизация трудовых потребностей может быть обусловлена экологизацией сознания. Экологизированные трудовые потребности должны соответствовать общим принципам экологизации. Реализация трудовых потребностей не должна наносить вреда при-

родной среде и человеку, приводить к исчерпанию невозобновляемых ресурсов, загрязнению и другим негативным антропогенным воздействиям на природную среду, способствовать созданию оружия массового истребления, механизмов и технологий для глобального вмешательства в природную среду и т. д.

Современные требования экологизации трудовых потребностей жителя города и их соответствия общим принципам экологизации могут помочь выявить достаточно широкий круг областей человеческой деятельности, которые в той или иной степени экологичны. Однако вряд ли горожанин сможет быстро перейти к удовлетворению только экологичных трудовых потребностей. Сначала — экологизация мышления, а затем — экологизация деятельности во всех странах, регионах и поселениях — таков длительный, но реальный путь всеобщей экологизации трудовых потребностей.

К социальным потребностям относится большой круг потребностей, связанных с гарантией гражданских свобод, уверенностью в завтрашнем дне, свободой познания и самовыражения, чувством необходимости обществу, возможностью образования социальных групп для свободного общения с лицами своего круга и др. Этнические потребности связаны с осознанием этнической самостоятельности, наличием пейзажа «родной природы», запечатленной в памяти этнической архитектуры, культурных ландшафтов. Психологические потребности связаны с необходимостью психоэмоционального контакта, со стремлением к определенной степени общения и одновременно к определенной изолированности, к сочетанию естественной и культурной природы в соответствии с этническими характеристиками народа и др. Многие потребности из этой группы, связанные с экологией, относятся к этносам — исторически сложившимся устойчивым общностям людей — племенам, народностям, нациям. Внутри этносов под влиянием ряда факторов, в том числе и особенностей природной среды, складывается самосознание, особая материальная и духовная культура.

Роль экологизации этнических и психологических потребностей весьма велика. Основным направлением такой экологизации является создание в городе культурных этнических ландшафтов, парков, садов, а также строительство зданий и сооружений с национальной архитектурой. Человек обычно старался перенести с собой в город все доступные особенности этнической природной среды, архитектуры, ландшафтов, культуры. Например, во многих крупных городах мира существуют так называемые «китайские города» («чайнатаун») с традиционными китайскими зданиями и садами. Японцы в местах своего проживания часто устраивают традиционные японские «сады камней» с миниатюрными ручьями, чайные комнаты или беседки, создавая таким образом

свою обособленную этническую среду. Можно сказать, что человек носит с собой весь свой этнический мир. Экологизация этнических потребностей подразумевает повышение качества жизни отдельных этносов в городе и в то же время — улучшение образа города, его красоты и гармонии. Чем больше в городе разнообразных этнических архитектурно-ландшафтных сред, тем выше качество городской среды.

Социально-экономическая среда включает в себя важнейший аспект отношений между людьми и материальными ценностями, к которым в первую очередь можно отнести природные ресурсы. В этом плане поле экологизации социально-экономической среды поистине безбрежно, так как природные ресурсы распределены между странами и народами неравномерно, что издавна ведет к напряженности взаимоотношений между людьми. Сейчас наблюдается «истощительное» использование отдельными странами и человечеством в целом среды обитания и ресурсов планеты. Подобно процессам в природе, во взаимодействии человека с окружающей средой должно произойти медленное позитивное эволюционное взаимоприспособление, взаимная адаптация. Этому должны способствовать глубокое экологическое образование и воспитание, экологизация социально-экономической среды, создание здоровых городов — экосити. Экологический след каждого жителя Земли, каждого поселения, всех стран должен соответствовать природно-ресурсному потенциалу соответствующей территории и всей планеты. Длительное экологическое совершенствование городской среды, ее экореконструкция и экореставрация должны носить «мягкий» «замещающий» и «вытесняющий» характер, при котором ранее осуществленные экологически негативные решения, связанные с вытеснением природы, замещаются новыми экологичными решениями.

Примером успешной экореконструкции может служить бразильский город Куритиба, признанный в 1995 г. наиболее экологичным городом мира. Он находится в стране с серьезными экономическими и социальными проблемами, поэтому его экореконструкция проводилась без существенных капитальных вложений. Использовались в основном мероприятия социального характера и в меньшей степени — экологичные градостроительные и архитектурно-планировочные решения. Улицы города чисты и привлекательны, в нем построено 17 новых парков, 90 миль новых кольцевых дорожек для прогулок в парках и садах, хорошо продумана транспортная система. Чистота городской среды достигнута благодаря высокому уровню озеленения и применению эффективной системы сбора и утилизации отходов. Построены шесть гражданских центров — крытых территорий с максимумом магазинов, предприятий бытовых услуг, учреждений, часто посещаемых жителями (почта, административные, юридические учреж-

дения и т. п.). Большое внимание уделяется детям; 82 % детей и подростков получают образование бесплатно. Около школ построены «маяки знаний» — небольшие (на 5 тыс. томов) бесплатные общественные библиотеки, ярко раскрашенные и по архитектуре напоминающие маяк. Их ежедневно посещают 280 тыс. детей в возрасте до 14 лет.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. В чем сущность экологического совершенствования городской среды?
2. Назовите уровни экологичной реконструкции городской среды и проводимые на этих уровнях мероприятия.
3. Можно ли восстановить все компоненты нарушенных городских ландшафтов в целях приведения последних в состояние, существовавшее до нарушения их свойств?
4. Какие компоненты нарушенных ландшафтов практически не поддаются полному восстановлению? Как их восстанавливать?
5. Перечислите основные направления экологизации жилых зданий?
6. Каков порядок экологизации производственных объектов? На что нацелена их экологизация?
7. В чем заключаются трудности экологизации свалок и хранилищ отходов?
8. Почему важна экологизация учебных заведений? Назовите наиболее интересные направления их экологизации.
9. В чем заключается экологизация потребностей жителей города? Как она может повлиять на качество городской среды?
10. Как улучшить социально-психологическую среду города?
11. Назовите пути улучшения социально-экономической среды города.

### 9.1. КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Контроль и управление качеством городской среды являются важнейшим инструментом обеспечения постоянного анализа состояния городской среды в целях своевременного принятия решений по сохранению высокого качества среды жизни или по ее восстановлению. Задачами органов эколого-экономического контроля являются: наблюдение за состоянием среды и ее изменением под влиянием хозяйственной и иной деятельности; проверка выполнения планов и мероприятий по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов; проверка соблюдения природоохранного законодательства и нормативов качества природной среды, а в итоге — качества среды жизни города.

В органы экологического контроля входит государственная служба наблюдения за состоянием природной среды. Экологический контроль может быть государственным, производственным и общественным.

Для управления качеством городской среды необходимо контролировать ее текущее состояние и его изменения, чтобы предотвращать ухудшение качества, прогнозировать изменения и связанные с ними экологические последствия. Для своевременного вмешательства в процесс необходимо иметь сведения об оптимальном для жизни человека качестве городской среды, в соответствии с комплексом принятых конкретных показателей, с учетом допустимых нагрузок на окружающую природную среду (см. гл. 1, 2). Качество городской среды определяется степенью соответствия условий жизни в городе потребностям людей и некоторых животных, живущих в городской среде (мелких птиц, белок и др.). При оптимальном качестве городской среды возможно устойчивое существование и развитие социально-экологической системы, отсутствуют неблагоприятные последствия для человеческой популяции в местах расселения. Критерии качества природы в хорошей городской среде: высокая биологическая продуктивность популяций, оптимальное соотношение видов и биомасс популяций, находящихся на разных трофических уровнях, и др.

Из этих критериев вытекают конкретные показатели окружающей среды, оптимальные для нормальных условий среды жизни человека: степень чистоты воздуха, воды, земли, наличие и состав растительности, богатство флоры и фауны, данные о климате и др.

Возможно условное определение качества среды в баллах, характеризующих сумму критериев качества. При этом особую важность имеет определение нулевой точки отсчета, т. е. того природного (естественного) значения показателя качества, после которого этот показатель изменяется под влиянием антропогенных факторов. Указанное значение показателя качества городской и природной сред называется фоновым. Фоновые значения показателей рекомендуется устанавливать на территориях, не подвергавшихся антропогенным воздействиям — в биосферных заповедниках или станциях. Фоновые значения содержания загрязняющих веществ незначительны, но они увеличиваются под влиянием деятельности человека. Для устойчивого функционирования экосистем и всей биосферы необходимо, чтобы значения содержания загрязняющих веществ не превышали предельный уровень, допустимый с точки зрения необратимых изменений в экосистеме или временного нарушения нормального функционирования экосистемы.

Важнейшей частью контроля является мониторинг (от *лат.* *monitor* — впередсмотрящий, предостерегающий) — система наблюдения за изменением состояния окружающей среды, вызванного антропогенными воздействиями. Цель мониторинга — констатация фактов, прогнозирование процессов в природе, выдача данных руководящим органам для своевременного вмешательства и исключения негативных воздействий на городскую среду и природу. Мониторинг применяется как для антропогенных, так и для природных систем; его результаты могут служить для построения моделей охраны окружающей среды. Математическое моделирование помогает создать реальные прогнозы в целях разработки оптимальных методов природопользования. Эколого-экономический мониторинг подразделяется на глобальный (биосферный), осуществляемый на международном уровне, государственный (в пределах одной страны, организуется специальными органами каждого государства), региональный (в пределах крупных районов), локальный (в границах отдельных населенных пунктов, промышленных узлов, на предприятиях). Существует также деление мониторинга по уровню задач на глобальный, хозяйственный и санитарный [9, 21].

В целях получения и анализа полной и достоверной информации экологические измерения необходимо выполнять синхронно. Для этого применяются (рис. 9.1):

аэрокосмическая съемка (фотографическая, телевизионная, радиолокационная, инфракрасная, многозональная, радиометри-

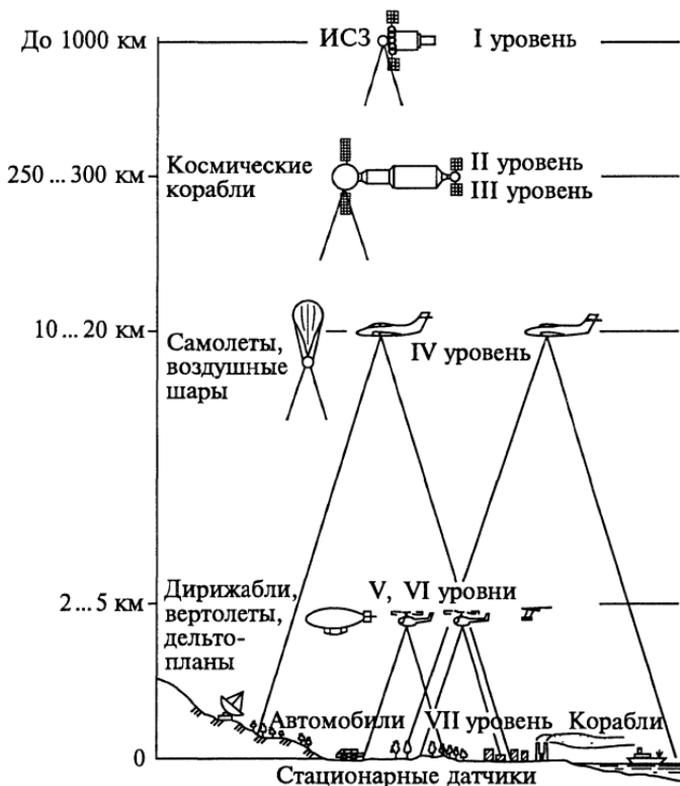


Рис. 9.1. Уровни мониторинга

ческая, радиационная, СВЧ и др.) на высоте 600...1000 км с использованием ИСЗ в масштабах от 1:2 000 000 до 1:12 000 000 с продольным перекрытием 60 %, поперечным — 30...50 % в целях обзорно-регионального анализа;

аэрокосмовизуальная съемка (те же виды) на высоте 250...300 км с использованием космических кораблей в масштабах от 1:200 000 до 1:2 000 000 в целях регионально-комплексных работ;

космовизуальные наблюдения с космических кораблей;

съемка на высоте 10...20 км в масштабе от 1:50 000 до 1:200 000 с самолетов, воздушных шаров в целях детальных исследований;

аэровизуальные наблюдения с самолета или вертолета в целях оперативного анализа путем «наговора» на магнитофон с подробным описанием объекта или явления;

наземные, подземные, водные, донные, подледные наблюдения и измерения в контрольных точках, выбранных по данным аэрокосмовизуальных наблюдений, для детального анализа и корреляции. При наземных наблюдениях измеряют температуру, влажность, давление, облачность, концентрацию загрязнителей, за-

пыленность, засоленность, освещенность, определяют геохимический состав, состав поверхности объекта, демаскирующие признаки объекта, проводят геофизические наблюдения.

Аэрокосмовизуальный эколого-экономический мониторинг проводится на нескольких высотных уровнях, представленных на рис. 9.1 в виде своеобразной «этажерки». Мониторинг позволяет определить:

особенности геологического строения региона с выделением аномальных физических полей, влияющих на развитие современного ландшафта, его переформирование и перераспределение;

взаимодействие внутренних и внешних факторов ландшафтообразования с выявлением техногенных воздействий, влияющих на ландшафт;

состояние природных ресурсов в регионе (вид, местоположение, запасы, целесообразность использования и т.д.);

состояние природы, степень ее загрязнения и антропогенной нарушенности, возможность поддержания экологического равновесия;

районирование территории по степени экологической нарушенности литосферы, гидросферы, биосферы и атмосферы;

эколого-экономическую эффективность функционирования объектов крупномасштабного вмешательства в природу;

целесообразность применения и виды мероприятий по устранению или уменьшению влияния негативных явлений, вызванных антропогенной деятельностью человека;

целесообразность проектирования, строительства и эксплуатации объектов крупномасштабного вмешательства в природу;

рациональную организацию природопользования и действенного оперативного контроля состояния природной среды;

результаты мероприятий по устранению негативного влияния объектов крупномасштабного вмешательства в природу;

наличие решений, альтернативных крупномасштабному вмешательству в природу;

степень безотходности технологических процессов или утилизации отходов с полной последующей переработкой;

степень оптимизации техносферы, информированности населения.

Для архитекторов и инженеров-строителей представляет интерес не только общий комплекс параметров, измеряемых при мониторинге, но и ряд специально используемых, например при обосновании проектирования, контроля эксплуатации крупных объектов (объектов крупномасштабного вмешательства в природу [16]), а также при определении вероятности землетрясений и т.д. Эксплуатация и строительство зданий и сооружений могут вызывать или активизировать инженерно-геологические процессы, особенно в районах вечной мерзлоты, активного развития физико-

геологических процессов, сейсмоопасных районах и др. Для архитекторов существенны параметры, связанные с урбоэкологией и формированием городской среды, отражающие взаимодействие градостроительных структур с литогенной основой ландшафта и, как следствие, — изменение рельефа, свойств пород, гидрологических условий, направленности физико-геологических процессов. Так, влияние городской застройки на подземные воды происходит до глубины 1... 150 м, иногда — до 800 м; при этом могут развиваться карстовые явления, суффозия, оползни, заболочивание, деформации поверхности земли, истощение подземных вод и т.д. Важен анализ изменения ландшафтов, их устойчивости к физическим и химическим антропогенным нагрузкам, превращения и перемещения твердых и растворенных веществ — грунта, фитомассы. Поэтому для архитекторов и строителей к параметрам, определяемым при мониторинге, могут быть добавлены:

при глобальном мониторинге — параметры, характеризующие деформацию поверхности Земли во времени, изменение состояния различных компонентов ландшафтов, связь локальных изменений гравитационного поля и глубинной структуры ландшафтов, глобальные атмосферные, литосферные и гидросферные явления, которые могут оказать силовые и деформационные воздействия на здания и сооружения;

при хозяйственном мониторинге — параметры, отражающие изменение состояния оснований под воздействием крупных сооружений (активизацию оползней, карстовых явлений, рост оврагов, развитие процессов размораживания, просадочность оснований, деформации поверхности земли), изменение состояния оснований перед землетрясениями, развитие опасных явлений (пожаров, лавин, селей, карстов);

при санитарном мониторинге — параметры, характеризующие колебания уровня грунтовых вод и изменение направления их движения, изменение ландшафтов под влиянием физических и химических антропогенных нагрузок;

при общем мониторинге — параметры, позволяющие выявить на общегородском уровне состояние важнейших городских структур (сетей тепло- и электроснабжения, транспорта, очистных сооружений и т.д.), состояние парков и скверов, воздуха, воды в водных объектах, почв, основные направления движения людских потоков, возникновение опасных процессов на уровне городов;

при локальном мониторинге городов — те же параметры, позволяющие провести анализ на уровне кварталов и отдельных зданий.

Цели и задачи геосистемного экологического мониторинга:

оперативный вневедомственный контроль состояния природной среды, выявление степени отклонения состояния среды от оптимального (нормативного), разработка эффективной системы

принятия решений в целях нейтрализации неблагоприятных воздействий;

выявление источников загрязнения и виновников нарушения природной среды (как в пределах области, так и в сопредельных регионах), оценка трансграничных воздушных и водных переносов загрязняющих веществ;

выявление предвестников стихийных бедствий, разработка прогноза чрезвычайных экологических ситуаций (разлив нефти в море, эпидемии, землетрясения, массовое размножение вредителей леса и сельскохозяйственных культур, лесные пожары, пыльные бури, аварии на химических предприятиях, сели, цунами, паводки, загрязнения источников водоснабжения и др.), обоснование совокупности мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий;

создание экспертных и геоинформационных систем, позволяющих проигрывать различные сценарии воздействия на среду на основе имитационного моделирования;

осуществление экологической экспертизы проектируемых объектов промышленного и гражданского строительства, обоснование платежей за использование природных ресурсов, оценка ущерба из-за нарушения состояния природной среды.

Для создания высококачественной экологической инфраструктуры, сохраняющей городскую среду жизни, для экологизации городов могут быть использованы следующие данные мониторинга:

распределение земель по видам хозяйственного использования;

характер антропогенной деградации ландшафтов;

выделение устойчивых природных сообществ и комплексов;

распределение различных видов растительности по территории;

состояние гидрографической сети, выделение пойм и долин рек;

степень увлажненности территорий поверхностными водами, влияние города на снежный покров, таяние снегов, наводнения;

рекреационный потенциал территорий;

инсоляция и ориентация склонов;

расчлененность рельефа;

динамика и тенденции урбанизации территории;

потенциальные резервы развития зон различного назначения;

степень загрязнения среды (в том числе влияние городов на тепловое и промышленное загрязнения);

градостроительное природное районирование, транспортные коммуникации, виды землепользования;

потенциальные направления развития планировочной структуры территории и изменений в среде.

Система управления качеством городской среды жизни предусматривает:

получение постоянной информации о характере и концентрации загрязнений в окружающей среде, состоянии биосферы, литосферы, гидросферы, атмосферы, использовании наиболее важными элементами окружающей среды (например, водой), функционировании очистных сооружений;

накопление указанной выше информации в банке данных;

периодическое направление полученных данных местной администрации, руководителям организаций и предприятий;

быстрое информирование упомянутых организаций в случае превышения допустимых загрязнений;

проведение природоохранных мероприятий юридического, экономического, технического или организационного характера.

Составной частью органов современного контроля являются геоинформационные или геоэкоинформационные системы (ГИС). Они представляют собой компьютерные системы сбора информации (в том числе с помощью космических аппаратов), ее хранения, выборки, анализа и графического отображения для геоэкологических исследований, картографирования городов, составления ландшафтных карт, карт загрязненности территорий, состояния почвы и лесов и других необходимых документов о состоянии и изменении городской среды и природы. Технология ГИС ценна тем, что она позволяет визуализировать все данные об экологической инфраструктуре региона или города в виде карт, цветных фотографий, графиков, блок-диаграмм, профилей.

ГИС служат для разработки градостроительных кадастров различного уровня, территориальных схем охраны природы, зонирования территорий и проектов планировки зон, развития схемы транспорта, проектирования туристического комплекса и др. Очень подробная и информативная космическая съемка города дает возможность выявить самые важные особенности его плана, функционирования всех его систем, состояние компонентов ландшафта, интенсивность транспортных потоков, фактические размеры зеленых зон (вплоть до подсчета числа отдельных деревьев). К достоинствам ГИС относятся в первую очередь достоверность и актуальность получаемых данных; они могут служить для немедленного реагирования на чрезвычайные ситуации, например на лесные пожары. Одним из уникальных достоинств космической съемки является возможность выявления особенностей строения глубинных земных структур, которые не могут быть обнаружены при других видах съемки. В последние годы в мире созданы глобальные хранилища баз данных ГИС. Среди них можно назвать систему GeoMedia корпорации Intergraph, предназначенную для профессиональных организаций (градостроительных, архитектурных, строительных и др.), нуждающихся в данных ГИС.

Примером использования ГИС является карта буферных зон городов США (рис. 9.2). Она дает важную для градостроителей

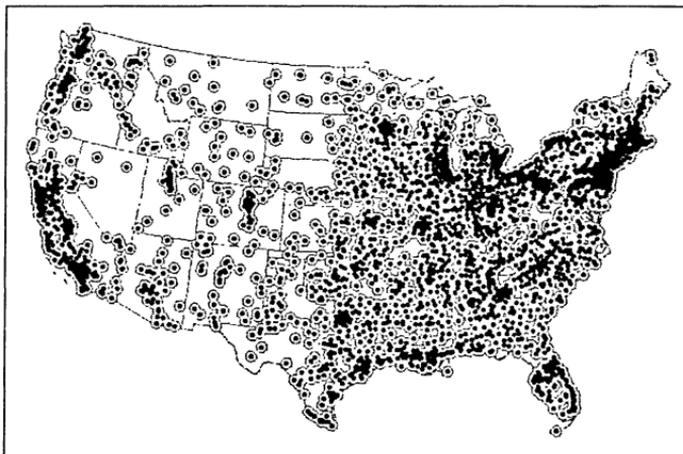


Рис. 9.2. Карта буферных зон городов США, созданная на основе ГИС

информацию об очень высокой плотности освоения территории на северо-востоке страны, где располагается один из первых в мире урбоаралов «Босваш».

Современная система экологического мониторинга с использованием космических компьютерных технологий ГИС позволяет получить множество данных о состоянии городской среды жизни, об экологической инфраструктуре, сохраняющей эту среду, территориях с низким качеством среды, дает возможность судить о необходимости вмешательства в те или иные процессы руководящих органов в целях улучшения городской среды.

## 9.2. ИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ СРЕДЫ ГОРОДА

Городская среда жизни представляет собой сочетание искусственно созданных элементов и условий жизни (дороги, тротуары, здания, инженерные сооружения, мезоклимат города и т. п.), культурной среды и элементов естественной природы, воздействующее на человека в совокупности с социально-экономической средой. Одной из важнейших сред жизни является производственная (ближняя) среда, т. е. физико-химические и биологические условия в производственных помещениях. Социально-экономическая среда включает в себя социально-психологические, социологические, демографические, национально-культурные, этнические, производственно-экономические элементы и ряд других. При несоответствии среды жизни потребностям могут развиваться разнообразные конфликты. Качество среды жизни влияет на продол-

жительность жизни, здоровье людей и уровень их физической и психической заболеваемости. В качестве основного фактора при оценке среды жизни выделяют состояние окружающей среды. Ее параметры состояния можно выявить с помощью мониторинга. Обычно оценка состояния среды жизни города включает в себя оценку следующих сред и факторов:

воздушного бассейна (выявление опасности его загрязнения в зависимости от природно-климатических факторов района или города);

водных объектов (выявление источников загрязнения; оценка возможности использования воды для питьевого и технического водоснабжения, орошения, рыболовства, судоходства, выработки электроэнергии и др.; определение расхода воды; оценка санитарно-гигиенического состояния подземных вод, осадков, стоков);

геологической среды и нарушенности территорий (выявление инженерно-геологических особенностей пород, геологических процессов, связанных с рельефом, гидрогеологическими и ландшафтно-климатическими условиями; выявление нарушенных территорий и оценка их развития);

почв (оценка санитарно-гигиенического состояния, нарушенности в результате эрозии и др.; выявление химического или бактериологического загрязнения);

растительного мира (оценка качества озелененных территорий, формирования ландшафта; экологические критерии — возможность деградации озеленения, защитная роль, рациональное соотношение озелененных и застроенных территорий и др.; санитарно-гигиенические критерии — оздоровление атмосферы и улучшение микроклимата, шумозащищенность и др., эстетические критерии);

животного мира (оценка видового состава, тенденций его изменения под влиянием антропогенных нагрузок, необходимости охраны редких животных, выявление причин деградации);

шумового режима территории (выявление источников шума, получение их акустических характеристик; создание карт расчетных уровней шума);

вибрационного (транспорт, оборудование и др.), электромагнитного (радио- и телестанции, радиолокаторы, генераторы и др.), температурного (ТЭЦ, промышленные предприятия и др.) полей и их воздействий на среду.

Оценка указанных факторов окружающей среды, производимая на основе мониторинга, служит не только для принятия мер по предотвращению недопустимых загрязнений, но и для учета этих факторов при проектировании. Так, например, на уровень загрязнения атмосферы влияет не только сочетание метеорологических факторов, но и состояние инверсии воздушного бассейна, особенности рельефа (возможность стока воздушных загрязнений

по склону при неблагоприятной метеорологической обстановке, возможность скопления выбросов в замкнутых понижениях рельефа и др.). Оценка загрязненности подземных вод служит основой при выборе защиты продуктивных водоносных горизонтов и водозаборов или разработке рекомендаций по переносу водозабора.

После принятия решения о переходе на путь устойчивого развития всех стран и городов мира несколько изменился подход к оценке качества городской среды. Она стала зависеть от степени устойчивости развития города. С самого начала создания концепции устойчиво развивающегося города необходим был выбор реальных, поддающихся измерению параметров такого города. Ответ на вопрос о приближении города к устойчивому развитию или удалении от него можно получить, сверяя показатели функционирования с индикаторами устойчивого развития. Индикаторы устойчивого развития города — это, как правило, численные, измеряемые значения ряда параметров развития города и его среды, которые можно оценить либо по их абсолютной величине, либо путем сравнения с наблюдавшимися ранее значениями этих параметров. Во многом эти индикаторы стали показателями качества среды жизни человека, которые должны быть достигнуты в здоровом, экологичном городе.

Например, одним из индикаторов устойчивого развития является величина потребления питьевой воды на жителя в сутки. Имеется норма Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) (менее 200 л), известны показатели наиболее развитых городов мира (максимум 250 ... 300 л). Если при многолетних наблюдениях эта величина постепенно уменьшается, то город приближается к состоянию экологичного развития по этому параметру. В то же время по мере совершенствования технологий этот индикатор может меняться. Например, при введении тонкой трубы для питьевой воды очень высокого качества ее использование составит несколько литров в день, тогда как менее очищенная вода будет служить для умывания, а накапливаемая дождевая и вторичная («серая») — для смыва в туалете и ирригации.

Одним из важнейших индикаторов качества городской среды является доля площади озелененных (в том числе природных и культурных) территорий в общей площади города. Сравнительно новый индикатор — длина зеленых коридоров и площадь соединяемых ими зеленых территорий города. Отдельные индикаторы состояния среды и устойчивого развития не могут быть определены с большой точностью, например такие, как процент жителей, любящих свой дом, двор, район, город. Все разработанные группы индикаторов устойчивого развития пока недостаточно совершенны, они привязаны к конкретным нуждам города. Необходимо изучение и совершенствование индикаторов, разработка новых.

Цель создания объективных и признаваемых всеми индикаторов — управление достижением более устойчивого развития города и экологичной городской среды. Для этого управления важен так называемый «индекс устойчивого развития города», который учитывает следующие факторы:

состояние воздушной среды (число дней в году, в которые не превышены локальные стандарты качества воздуха);

доступ к зеленому пространству (доля граждан, для которых расстояние от их дома до зеленого пространства находится в пределах допустимого);

эффективность использования ресурсов (потребление энергии, воды, производство отходов; коэффициент возобновления ресурсов);

качество застроенной среды (соотношение площади природного пространства и площади, используемой для строительства, автотранспорта и т. п.);

доступность объектов города (расстояние в километрах, преодоленное на транспорте за год, на душу населения);

зеленая экономика (доля компаний, которые включили в свою деятельность экологичные управление и аудит);

жизнеспособность общества (объем культурной общественной работы);

общественное участие в жизни города (число добровольных организаций на тысячу жителей);

степень равноправия граждан (процент людей, живущих ниже уровня бедности);

степень благосостояния граждан (степень удовлетворения их потребностей).

Предлагаемые автором индикаторы устойчивого развития и здоровой городской среды, наиболее актуальные в настоящее время для городов России, приведены в табл. 9.1.

**Таблица 9.1. Индикаторы устойчивого развития и здоровой городской среды**

| Индикатор                 | Факторы, учитываемые индикатором  |
|---------------------------|---|
| Экологического равновесия | Соотношение площадей естественных природных и освоенных территорий.<br>Размер экологического следа; его отношение к среднему экологическому следу на планете.<br>Биоразнообразии (число видов животных и растений — аборигенов, в том числе восстановленных, и интродуцентов).<br>Площадь соединенных зелеными коридорами компонентов ландшафта, длина этих коридоров |

| Индикатор   | Факторы, учитываемые индикатором  |
|---|---|
| Числа жителей   | Число жителей и тенденции его изменения   |
| Плотности   | Плотность жителей на 1 км <sup>2</sup> по районам и тенденции ее изменения  |
| Площади   | Полная площадь города (в квадратных километрах) и тенденции ее изменения  |
| Передвижения  | Число поездок и среднее расстояние, ежедневно проезжаемое жителем на разных видах транспорта  |
| Техногенного освоения и экологичной реконструкции ландшафта | Площадь застроенных и закрытых территорий с исчезнувшей почвой («мертвых» ландшафтов).<br>Процент культурных озелененных территорий от общей площади города и тенденции его изменения.<br>Протяженность зеленых коридоров и площадь соединенных ими зеленых территорий.<br>Площадь заброшенных территорий.<br>Площадь восстановленных территорий и подвергнутых фитомелиорации.<br>Процент площади зданий, расположенных в подземном пространстве, от общей площади города.<br>Длина железных и автомобильных дорог, расположенных под землей |
| Качества воздуха  | Уровни превышения предельно допустимых концентраций загрязнителей в воздухе и число дней, в которые наблюдались эти превышения.<br>Площадь территорий с очень высоким (природным) качеством воздуха   |
| Качества питьевой воды                                      | Число дней, в которые не были соблюдены местные стандарты качества воды.<br>Соотношение объемов воды, поступающих из разных источников (реки, подземные источники и др.), а также объемов чистой воды и нуждающейся в очистке   |
| Свойств почв  | Площадь территорий с почвами, загрязненными свыше норм.<br>Площадь территорий с «мертвыми» почвами или вредными, недопустимыми загрязнениями  |
| Фауны   | Площадь дикой природы в городе.<br>Число видов животных в городе  |
| Флоры   | Площадь дикой природы в городе (лес, реки, болота).   |

| Индикатор                          | Факторы, учитываемые индикатором   |
|------------------------------------|--|
|                                    | Соотношение числа высаженных и погибших деревьев.<br>Площадь устойчивых городских ландшафтов с фитомелиорацией   |
| Сенсорной среды                    | Доля негативной визуальной среды (монотонные поля, окрашенные в серый цвет поверхности, большие плоскости) в объеме всей городской среды.<br>Площадь территорий с негативными, вредными запахами и тенденции ее изменения.<br>Площадь территорий с уровнем шума свыше 65 дБ и срок экспозиции (время действия) шума              |
| Потребления ресурсов               | Процент потерь ресурсов («экологический рюкзак») при их использовании.<br>Процент замены невозобновляемых ресурсов возобновляемыми.<br>Процент использования возобновляемых ресурсов.<br>Процент местных ресурсов от общего объема используемых ресурсов.<br>Процент вторичного использования ресурсов (должен быть не менее 50) |
| Производства и потребления энергии | Потребление энергии (в киловатт-часах) на жителя в год.<br>Доля местных индивидуальных экологичных установок (крышные котельные и др.) в производстве.<br>Производство энергии по видам используемых ресурсов.<br>Процент возобновляемой и рециклируемой энергии от общего количества потребляемой энергии                       |
| Использования воды                 | Отношение потребления воды (в литрах) жителем в год к норме ВОЗ.<br>Отношение водопотребления к стоку.<br>Объем сбора и использования «серой» воды.<br>Процент вторичного использования воды.<br>Объем использования «черной» воды   |
| Экологичности строительства        | Процент красивых, архитектурно выразительных зданий и инженерных сооружений, органично вписанных в природную среду и не нарушающих ее, от общего числа зданий и сооружений в городе.<br>Процент использования экологичных и местных материалов по отношению к общему объему применяемых материалов.                              |

| Индикатор                                | Факторы, учитываемые индикатором   |
|--|--|
|  | <p>Процент зданий, способствующих архитектурно-планировочными средствами общению жителей.</p> <p>Процент зданий с замкнутыми технологиями их эксплуатации; процент зданий, запроектированных с учетом цикла жизни и его стоимости.</p> <p>Процент энергоактивных и энергосберегающих зданий от общего числа зданий в городе</p>  |
| Экологичности транспорта                 | <p>Отношение суммарного выброса загрязняющих веществ к норме.</p> <p>Число и степень тяжести аварий.</p> <p>Процент пересечений дорог в разных уровнях по отношению к общему числу пересечений.</p> <p>Процент улиц, не удовлетворяющих по ширине пропуску транспорта.</p> <p>Процент использования не загрязняющего окружающую среду транспорта (электрического, в подземной трубе и др.).</p> <p>Процент улиц с велодорожками</p>  |
| Экологичности предприятий                | <p>Процент предприятий с замкнутыми циклами от общего числа предприятий в городе.</p> <p>Процент предприятий, находящихся в цепи замкнутых циклов (отходы одного предприятия служат сырьем для другого).</p> <p>Число предприятий, выбрасывающих загрязняющие вещества сверх норм.</p> <p>Число предприятий, размещение которых в городе не обосновано, и предприятий, которые можно удалить из города (индустриальное переселение).</p> <p>Число предприятий, которые можно переместить в черту города (под землю, дальше от жилых кварталов)</p> |
| Экологичности системы утилизации отходов | <p>Процент вторичного использования отходов.</p> <p>Процент дифференцированного сбора отходов.</p> <p>Число видов деления отходов (от трех — бумага, металл, стекло, и выше).</p> <p>Процент жителей, вовлеченных в дифференцированный сбор отходов.</p> <p>Процент площади свалок (в том числе стихийных) в городе по отношению к площади города.</p> <p>Восстановленная площадь бывших свалок</p>  |

| Индикатор                             | Факторы, учитываемые индикатором  |
|---------------------------------------|---|
| Экологичности жилищ                   | <p>Средние площадь и объем жилища на одного жителя.</p> <p>Процент жилых домов, оснащенных в соответствии с современными санитарно-гигиеническими нормами и обеспечивающих физический комфорт.</p> <p>Процент жилых домов, удовлетворяющих требованиям архитектурно-строительной экологии (объем, этажность, наличие озеленения, уютных дворов, вид из окна и т. д.)</p>  |
| Экологичности окружающей среды        | <p>Процент жилых домов, из окон которых открывается вид на природную среду (парки, сады, реки, пруды, луга, леса и др.).</p> <p>Процент жилых домов, расположенных в пределах 15... 20 мин ходьбы от участков живой природы.</p> <p>Процент жилых домов, окруженных негативной средой (шоссе, неэкологичные предприятия и др.)</p>  |
| Экологичности трудовых потребностей   | <p>Процент трудоспособных жителей, работающих по специальности и удовлетворенных работой и (или) оплатой.</p> <p>Число рабочих дней, необходимое для получения той части заработной платы, которая позволяет удовлетворить экономические и биологические потребности (по специальностям).</p> <p>Процент безработных (по полу, возрасту, национальности).</p> <p>Процент трудоспособных жителей, занятых экологичным трудом.</p> <p>Среднее время, затрачиваемое на поездку на работу и обратно (по районам).</p> <p>Процент жителей, удовлетворенных обеспечением пищей.</p> <p>Процент жителей, удовлетворенных обеспечением одеждой.</p> <p>Процент жителей, удовлетворенных обеспечением мебелью и бытовыми приборами</p> |
| Экологичности культурных потребностей | <p>Отношение числа учреждений культуры и их посещаемости к нормативным показателям. Наличие (отсутствие) элитарных учреждений культуры, недоступных для бедных людей.</p> <p>Число учебных заведений и их доступность для разных слоев населения, в том числе для детей из бедных семей.</p>  |

| Индикатор | Факторы, учитываемые индикатором   |
|-----------|--|
|           | Процент элитарных учебных заведений, доступных только детям из богатых семей.<br>Доступность спортивных учреждений для жителей (процент жителей, регулярно пользующихся услугами этих учреждений)<br>Число этнических архитектурных сред и этнических культурных ландшафтов в городе |

Мониторинг городской среды жизни и сопоставление фактических меняющихся параметров с нормируемыми индикаторами позволяют судить о сохранении и восстановлении среды жизни, а также о движении города к состоянию более устойчивого, экологически поддерживающего развития, соответствующего природно-ресурсному потенциалу.

### **9.3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРТИЗА, ПАСПОРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ**

В целях проверки соответствия хозяйственной и иной деятельности экологической безопасности общества, обеспечения экологических требований, предупреждения негативного влияния объектов на природную среду и городскую среду жизни, поддержания экологического равновесия, соблюдения норм экологической безопасности, выявления экологической чистоты и экологических последствий эксплуатации осуществляются государственная, общественная и другие виды экологической экспертизы новых проектов, строящихся, реконструируемых объектов, а также эксплуатируемых сооружений со значительными выделениями загрязняющих веществ в окружающую среду. Экологическая экспертиза является организационно-правовой формой предупредительного контроля. Закон предусматривает проведение государственной и общественной экспертиз. Принципами государственной экологической экспертизы являются обязательность ее проведения, научная обоснованность и законность ее выводов, независимость и вневедомственность, широкая гласность и участие в ней общественности.

Экологической экспертизе подлежат все предплановые, предпроектные и проектные материалы по объектам и мероприятиям, намечаемым к реализации, а также экологические обоснования лицензий и сертификатов. Различают предплановые работы (про-

гнозы развития отрасли, состояния природной среды и др.) и предплановую документацию (схемы расселения, планировки и застройки городов и др.). Экспертизе могут подлежать:

проекты схем развития и размещения производительных сил, отраслей народного хозяйства, генеральных планов населенных пунктов, схем районной планировки и другая предплановая и предпроектная документация;

техничко-экономические обоснования, проекты строительства и реконструкции предприятий и других объектов, которые могут отрицательно влиять на состояние окружающей природной среды;

проекты инструктивно-методических и нормативно-технических актов и документов, регламентирующих хозяйственную деятельность, отрицательно влияющую на окружающую природную среду;

документация по созданию новой техники, технологии, материалов и веществ, в том числе закупаемая за границей;

материалы, вещества, продукция, хозяйственные решения, системы и объекты, внедрение или реализация которых может нарушить нормы экологической безопасности и отрицательно воздействовать на окружающую природную среду или создать опасность для здоровья людей. Экологически опасные действующие объекты и комплексы должны подвергаться углубленной экологической экспертизе в целях выявления необходимости их реконструкции или прекращения эксплуатации и переориентации использования.

Задачи государственной экологической экспертизы:

определение экологической безопасности хозяйственной и иной деятельности, которая может в настоящем или будущем прямо или косвенно отрицательно влиять на состояние окружающей среды;

установление соответствия предпроектных, предплановых, проектных и иных решений требованиям законодательства об охране окружающей природной среды;

оценка полноты и обоснованности предусматриваемых мер по охране окружающей природной среды и здоровья населения.

Заключение экспертной комиссии должно содержать обоснованные выводы о допустимости или недопустимости воздействия на окружающую природную среду хозяйственной и иной деятельности, которая подлежит государственной экологической экспертизе, и о возможности реализации объекта экспертизы. Положительное заключение государственной экологической экспертизы является основанием для открытия финансирования всех программ и проектов. Оно должно содержать выводы о соответствии намечаемой деятельности экологическим требованиям, установленным законодательством Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды, о допустимости намечаемого воздействия на окружающую природную среду и о возможности ре-

лизации объекта экспертизы. Отрицательное заключение может содержать два типа выводов: о необходимости доработки представленных материалов по замечаниям и предложениям экспертной комиссии; о недопустимости реализации объекта экспертизы ввиду несоблюдения требований экологической безопасности. Реализация программ, проектов и решений без положительного заключения государственной экологической экспертизы запрещается.

Общественная экологическая экспертиза осуществляется независимыми группами специалистов по инициативе общественных объединений, а также местных органов власти за счет их собственных средств или на общественных началах. Общественная экологическая экспертиза проводится независимо от государственной. Ее заключение становится обязательным только после утверждения результатов органами государственной экологической экспертизы.

Экспертиза проводится экспертными группами, в состав которых входят соответствующие специалисты разных отраслей экономики (строительство, промышленность, медицина, сельское хозяйство, мелиорация, транспорт, энергетика, лесное хозяйство и др.).

Санитарно-экологическая паспортизация проводится в целях установления комплекса обязательных норм, правил, требований по охране окружающей природной среды, использованию природных ресурсов и обеспечению экологической безопасности. Конечной целью санитарно-экологической паспортизации является достижение высокого качества окружающей среды в зданиях. При санитарно-экологической паспортизации к работам по подготовке жилых домов к сдаче в эксплуатацию добавляются санитарно-экологические исследования площадки строительства и многочисленные исследования качества среды в помещениях.

Санитарно-экологические исследования площадки строительства с целью выявления ее пригодности включают в себя:

определение возможных катастрофических и других негативных воздействий на здание в условиях данной строительной площадки — карстовых явлений, землетрясения, оползня, наводнения, селевого потока, цунами и др. (рекомендуется учитывать и негативные воздействия старых свалок под зданиями или в непосредственной близости);

выявление возможных геопатогенных зон в целях размещения здания вне этих зон для исключения негативного влияния электромагнитных воздействий, исходящих от них;

выявление уровня гамма-излучения и радона на строительной площадке в целях установления допустимости гамма-излучения и концентрации выделяющегося из грунта радона и принятия соответствующих мер планировочного или конструктивного характера.

Санитарно-экологические исследования строительных материалов проводятся в целях определения соответствия их свойств требованиям гигиенических сертификатов. Конструкционные, изоляционные и отделочные материалы могут выделять различные загрязняющие вещества. Например, гранитный щебень некоторых месторождений имеет недопустимый уровень радиоактивного излучения, полностью исключаящий возможность его использования в качестве заполнителя бетона; некоторые отходы (шлаки после сгорания угля на электростанциях, фосфогипс и др.) также имеют повышенную радиоактивность; многие отделочные материалы, пластмассы и материалы с их использованием (декоративные отделочные плитные и пленочные покрытия, утеплитель, лаки, плитки, краски, трубы для воды и др.) выделяют в воздух и в воду различные опасные для человека загрязнители — фенол, формальдегид, толуол, волокна асбеста, свинец и др.

Гигиенические сертификаты выдаются заводами-изготовителями, тем не менее полагается хотя бы выборочно производить проверку фактического уровня выделения загрязняющих веществ строительными материалами. Эти измерения выполняют с помощью соответствующих приборов. Санитарно-экологические исследования зданий (как новых, так и возведенных ранее и эксплуатирующихся) проводятся в целях обеспечения высокого качества среды внутри зданий и сокращения поступления загрязняющих веществ до допустимого нормами уровня.

Уровень загрязнения внутри помещений после выполнения всего комплекса отделочных работ и установки стационарного оборудования (шкафы, стеллажи, антресоли, раздвижные перегородки, встроенное оборудование и др.) определяют специальными приборами, которые могут быть разделены на системы контроля внутреннего климата помещений, содержащие набор приборов для контроля и записи в память данных по многим параметрам (например, концентрация перечисленных ниже газов, пыли, температура, влажность, скорость движения воздуха и др.) и на отдельные приборы, в том числе ручные, для контроля отдельных параметров (например, формальдеметр для контроля содержания формальдегида, прибор для замера диоксида углерода и др.).

С помощью приборов измеряют содержание радона, уровень гамма-излучения, загрязнение воздушной среды фенолом, формальдегидом, оксидом и диоксидом углерода, сернистым и серным ангидридом, оксидом азота, пылью, волокнами, ртутью и др. Для отдельных зданий может потребоваться измерение загрязнения воздушной среды и другими веществами, например толуолом, меркаптаном, хлором, фтором, аммиаком, синильной кислотой, сероводородом. После этого анализируют санитарно-экологическую допустимость полученного значения загрязнения с учетом кумулятивного эффекта (эффекта суммации), заключаю-

щегося в усилении негативного влияния нескольких загрязнителей при их одновременном действии. Затем разрабатывают предложения по снижению концентрации или исключению загрязнителей из помещений. Для внутренней отделки, устройства звуко- и теплоизоляции, внутренних столярных изделий (шкафов, антресолей, перегородок и др.) может быть рекомендовано использование нетоксичных материалов, лучше всего — природных (древесины, бумажных обоев, керамики, стекла и др.).

Если при паспортизации здания выявлены недопустимые концентрации загрязнителей и их источник (например, штукатурка с повышенным содержанием асболоволокон или теплоизоляция с повышенными токсичными выделениями от связующего материала), то можно применить вариант полной замены токсичного материала или его изоляции путем нанесения полностью герметичного покрытия. Для такого покрытия можно использовать различные непроницаемые нетоксичные материалы: краску, металл, стекло и др.

Соответствие конструкций здания требованиям нормативных документов в части теплозащиты, внутренней звуко- и виброизоляции, защиты от наружного шума, освещенности устанавливаются специальными приборами. В случае недостаточности теплоизоляции наружных стен необходимо выполнить дополнительную теплоизоляцию. Если дефект выявлен на отдельных участках, то можно сделать дополнительный слой внутренней теплоизоляции; если же установлена недостаточная теплоизоляция всех стен здания, то может быть рекомендована сплошная наружная теплоизоляция здания.

Звукоизоляцию внутренних помещений проверяют с помощью шумомера путем создания контрольного звукового воздействия звуковым генератором на соседнем этаже (проверка звукоизоляции перекрытий) и в соседних комнатах (проверка звукоизоляции внутренних стен и перегородок). При этом отдельно создают воздействия в виде ударного и воздушного шумов, меры борьбы с которыми различны (против ударного шума — повышение массивности перекрытий и стен, против воздушного — легкая звукоизоляция и исключение проемов и отверстий, через которые звуковые колебания могут легко проникать).

Звукоизоляция от наружного шума очень важна для зданий, возводимых вблизи автомагистралей, путепроводов, автостоянок, аэропортов, заводов и др. Шумомером проверяют интенсивность шума в помещении при максимальных воздействиях от транспорта в дневное и ночное время (для эксплуатирующихся зданий) или от звукового генератора (для строящихся зданий). Для снижения уровня шума в новых зданиях используют специальную внутреннюю планировку, устройство шумозащитных экранов лоджий и др. Если уровень шума в квартирах здания превышает допусти-

мый, то необходима установка шумозащитных экранов между автомагистралями и зданием или замена окон на шумозащитные с герметичными стеклопакетами, шумозащитными жалюзи и форточками, шумозащитными клапанами.

Виброизоляция в зданиях служит для защиты помещений от недопустимой вибрации (нормируются амплитуды и ускорения колебаний). Динамические воздействия могут передаваться в квартиры от вращающихся частей двигателей в системах вентиляции, кондиционирования, механизмах лифтов. Уровень вибрации измеряют различными виброметрами или вибродатчиками с самописцами. При недопустимых параметрах вибрации нужно выполнить виброизоляцию источника вибрации (электродвигателя и др.) или перенести его на изолированный от здания фундамент. Можно также снабдить источник колебаний вибровыключателем, срабатывающим при превышении допустимых параметров.

Освещенность внутренних помещений, измеряемая с помощью специальных приборов — фотометров, должна соответствовать нормам. Освещенность новых зданий определяют расчетом, который может дополняться модельными испытаниями. Освещенность внутренних помещений старых зданий можно увеличивать путем устройства дополнительных окон, расширения существующих световых проемов, выполнения оконных проемов в существующих внутренних перегородках, применения специальных светоотражающих жалюзи снаружи окон, для ввода солнечного света внутрь. Должен быть исследован вопрос влияния растущих зеленых насаждений на прохождение света. Недопустимо сверхнормативное затенение зданий строящимися объектами.

Параметры, определяющие уровень гигиеничности среды (температура, влажность, скорость движения воздуха), должны замеряться во время отопительного периода и в летнее время. Кроме того, может быть исследовано состояние внутренней поверхности наружных стен в целях выявления росы на ней как следствия недостаточной толщины стены (точка росы смещается внутрь помещения), протекания швов при наклонном дожде, повышенного поглощения влаги материалом наружной стены. Полученные результаты дополняются данными, собранными при исследовании питьевой воды, наладке вентиляционного, холодильного, технологического и электрооборудования, устройств кондиционирования воздуха. Перечень замеряемых параметров должен постоянно расширяться в целях получения более полной информации о качестве среды жизни в здании.

После выявления фактических данных и сравнения их с нормативными требованиями производят, при необходимости, корректировку принятых конструктивных и технологических решений. Все результаты инструментальных измерений оформляют в виде актов и отчетов, составляемых аттестованной лабораторией,

имеющей лицензию на выполнение санитарно-экологической паспортизации. Затем все замеренные данные заносят в санитарно-экологический паспорт. Если отдельные замеренные параметры не соответствуют нормативным требованиям, лаборатория выдает рекомендации по снижению вредных воздействий до допустимого нормами уровня. До приведения в соответствие замеренных параметров и нормативных требований здание или сооружение не может быть принято в эксплуатацию. Все документы хранятся в аттестованной лаборатории 10 лет; санитарно-экологический паспорт после его утверждения прикладывается к документам по приемке объекта в эксплуатацию.

В последние годы за рубежом для экологической оценки зданий используются новые системы экологической сертификации: LEED — руководство по экономии энергии и поддержанию качества окружающей среды; BREEAM — методология исследования и экологической оценки строительства; CASBEE — всесторонняя система оценки эффективности застройки окружающей среды; BEAT — методология оценки застройки окружающей среды; BEAMs — методы оценки застройки окружающей среды; HQE — методология поддержания высокого качества окружающей среды. Наиболее применяемой в разных странах является система экологической сертификации зданий LEED («зеленая» система оценки зданий), которая является добровольным национальным стандартом для строительства жизнеспособных зданий со здоровой средой. Стандарты LEED в настоящее время распространяются на проектирование, строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, в том числе на проектирование интерьеров.

Чтобы получить сертификат LEED, проект должен удовлетворять определенному числу пунктов каждого из уровней оценки. По каждому пункту может быть начислен один балл, максимально возможная итоговая сумма составляет 70 баллов. Чем выше степень удовлетворения требованиям системы LEED, тем выше уровень сертификации. Анализ проекта проводится комитетом, который принимает или отклоняет проект, уведомляя об этом проектную организацию. В зависимости от числа набранных баллов проекту здания или сооружения может быть выдан платиновый, золотой, серебряный или обычный сертификат.

Уровни оценки системы LEED для нового строительства:

1. «Устойчивость» строительной площадки.
2. Эффективность водопользования и очистки сточных вод.
3. Оптимизация потребления энергии.
4. Оптимизация потребления материалов и ресурсов и управленческие отходами.
5. Качество внутренней среды.
6. Наличие нововведений в проектах.

В системе CASBEE использованы две категории — Q (природоохранное качество строительства) и L (природоохранные нагрузки от строительства), причем экологическая эффективность равна Q/L. В системе HQE анализируются следующие природоохранные задачи: экологичность строительства (гармоничные связи между зданиями и окружающей средой, интегральный выбор строительных процессов и материалов, строительная площадка без каких-либо негативных свойств); создание комфорта (гидротермического, акустического, визуального, обонятельного); экологичное управление (энергией, водой, отходами, ремонтом); поддержание здоровья (санитарные условия внутренней среды, санитарное качество воздуха, воды). Все системы имеют достоинства и недостатки, их применение обосновано необходимостью оценки экологичности проектов не только на качественном, но и на количественном уровне.

## **9.4. СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ВОСПИТАНИЯ**

Экологизация мышления людей достигается благодаря системе экологического образования и воспитания. В ее основе должна лежать идея глобальной и локальной экологизации, создания здорового и любимого жителями места расселения, достижения экологического равновесия между городом и природой.

Люди должны обеспечить устойчивое существование в городе и вокруг него экологически обоснованных территорий естественной природы, соединенных зелеными территориями и коридорами. Архитектурно-ландшафтная среда города должна способствовать постоянным контактам жителей с живой природой, формированию экологичного мышления у жителей города средствами ландшафтной архитектуры.

Естественная природа, естественные ресурсы, естественная эволюция — это необходимые и безусловные аспекты сохранения жизни на Земле. Человек должен иметь право на жизнь в гармонии с естественной средой. Вместе с тем он должен взять на себя экологические обязанности для сохранения природы и ресурсов, перехода к устойчивому развитию города, страны, планеты. Система образования и воспитания жителей здорового города с экологичной средой должна прививать им экологическую этику. Жители города, участвующие в создании здоровой и красивой среды, должны знать и уметь реализовывать свои экологические права и обязанности.

Экологические права жителя города:

право на здоровую, красивую, разнообразную естественную природу Земли, на естественные ресурсы;

право на здоровую, красивую и безопасную окружающую среду города;

право на естественные, чистые и биоразнообразные компоненты ландшафта — воду, воздух, почву, флору, фауну;

право на естественное рождение, естественную семью, естественное и экологически этичное воспитание и образование;

право на мирную жизнь;

право на экологичные, красивые и здоровые район, дом, квартиру;

право на экологически обоснованные качество и размер жилья;

право на чистую пищу, экологичное лечение;

право на экологичный и этичный труд на благо Земли;

право на занятия искусством и спортом;

право на развитие своих способностей в соответствии с естественной целью жизни;

право на отдых среди чистой и красивой природы;

право на доступ к экологической информации;

право на участие в принятии решений по созданию здоровых городов и здоровой планеты.

Экологические обязанности жителя города:

здоровая личная жизнь в гармонии с собой, обществом и природой;

сохранение экологически обоснованной части природы Земли в естественном состоянии;

сохранение природы страны, города;

экологическое восстановление ранее загрязненных и разрушенных ландшафтов и всех их компонентов;

поддержание биологического разнообразия;

поддержание экологического равновесия;

экологизация широкого круга личных потребностей (биологических, экономических, трудовых, этнических);

экологизация потребления ресурсов;

сохранение невозобновляемых ресурсов для последующих поколений;

экологизация всех направлений деятельности, использование только «мягких» технологий в индустрии, энергетике, сельском хозяйстве, строительстве, на транспорте и т. д.); стремление к исключению энтропийных технологий;

недопущение загрязнения природной среды;

активное участие в создании красивых и здоровых городов;

активное участие в создании красивого, озелененного, здорового дома;

решение всех конфликтов путем переговоров, без войн; перенос конфликтов в другие области (спорт, искусство, торговля и др.);

недопущение «жесткого» вмешательства в природу;

исключение всех негативных аспектов искусственности жизни и среды.

Реализация перечисленных прав и выполнение обязанностей связаны не только с вопросами культуры, но и с проблемами равноправия, равного доступа к ресурсам. Многие исследователи проблем роста качества городской среды говорят о необходимости развития культуры бытия, реализации программы развития культурного потенциала городского сообщества [4].

Система экологического образования и воспитания должна начинаться с экологизации всех учебных заведений, направленной на воспитание молодого поколения с помощью экологичной среды. Как уже отмечалось, она связана с наличием экологичной, красивой архитектурно-ландшафтной среды городов.

Но надежды на быстрый переход к более устойчивому развитию, к формированию экологичной и здоровой городской среды в результате экологического образования и воспитания не вполне обоснованны. Образование и воспитание направлены на понимание законов экологии, но, как отмечал английский эколог Д. Шорт, недостаточно понимать законы природы, их нужно соблюдать. Следование законам природы и есть наиболее сложный этап развития общества. Способствовать этому следованию должны показ экологичных образцов (зданий, кварталов, городов), демонстрация преимуществ жизни в них и вовлечение людей в процесс их создания в результате совместной деятельности.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Каковы цели контроля и управления качеством городской среды?
2. Опишите содержание эколого-экономического мониторинга. Почему он назван и экологическим, и экономическим?
3. Что такое геоинформационные системы и для чего они используются?
4. Какие параметры, измеряемые при эколого-экономическом мониторинге, важны для строителей?
5. Опишите задачи геосистемного мониторинга.
6. Что такое индикаторы состояния и эволюции городской среды и для чего они изучаются?
7. Опишите порядок осуществления экологической экспертизы и ее возможные результаты и выводы.
8. В чем отличие государственной экологической экспертизы от общественной экологической экспертизы?
9. С какой целью проводится экологическая сертификация и чем она заканчивается?
10. Какие параметры измеряют при санитарно-гигиенических исследованиях зданий?
11. Назовите наиболее важные экологические права и обязанности жителей города.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема создания экологичной, здоровой, благоприятной городской среды чрезвычайно актуальна в связи с загрязнением среды городов и ростом их экологического следа, уже сейчас не соответствующего естественной вместимости глобальной экосистемы. В результате экологический след одного человека превзошел среднюю долю Земли, доступную для жителя. Необходимы меры по приведению этого следа к экологически обоснованной норме, не превышающей экологическую вместимость планеты. В основе этих мер должны лежать создание и бесконечно длительное сохранение высокого, экологически обоснованного качества среды жизни в поселениях при поддержании необходимого соотношения между освоенными и естественными территориями и достижении экологического равновесия между урбанизированной и природной средами.

Безусловная ценность здоровой, экологичной городской среды состоит в том, что она обеспечивает физический, психологический и социальный комфорт жителей, гармоничное и устойчивое социальное и экономическое развитие городов. Поэтому создание экологичной городской среды очень важно для жителей городов, стран и всего человечества. Базой экологичного совершенствования городской среды является комплексная наука — экология городской среды, направленная на улучшение среды, а также на экологическое образование и воспитание всех участников процесса ее создания. Наука об экологии городской среды — это синтез урбоэкологии, архитектурно-строительной экологии, экологической инфраструктуры, устойчивого строительства, устойчивой архитектуры, экологических энергетике, транспорта, индустрии, экологической культуры (экологической философии, этики).

Экологизация городской среды — это сохранение и поддержание ее благоприятного для человека и природы высокого качества (чистоты, красоты, равновесия с природой, отсутствия вредных воздействий на человека и природу, благоприятного влияния на человека и природу, удовлетворения экологически обоснованных потребностей людей). Экологизация должна затронуть внутриквартирную среду, искусственную городскую среду вне квартир, среду культурных ландшафтов, естественную природную среду, куль-

турную среду, социально-экономическую среду, в том числе социально-психологическую, внутреннюю среду организма (физическую и духовную).

Городская среда как динамичный комплекс природных, природно-антропогенных, социально-экономических и социально-психологических факторов, в том числе архитектурно-ландшафтных, экологических, физико-химических, биологических, психологических внешних воздействий (визуальных, звуковых, запаховых, загрязнения, химического фона, биотического окружения, влажности и состава воздуха и др.), активно воздействует (позитивно или негативно) на человека. Городская среда становится позитивной при обеспечении экологического равновесия, сокращении негативных воздействий на нее человеческой деятельности с постепенным переходом к «мягкому» взаимодействию, направленному на сохранение и восстановление природы и среды жизни, с использованием природосберегающих и природовосстанавливающих методов хозяйствования, повышением эффективности использования ресурсов и преимущественным потреблением возобновляемых ресурсов.

Невозможно создать здоровую среду в городах без привития экологической культуры всем участникам процесса формирования среды города — руководителям, инвесторам, проектировщикам, строителям, жителям, без системной экологизации всей деятельности в городе и вокруг него, без глубокого понимания ценности природы и ее сохранения. Сейчас для урбанизации и создания здоровой городской среды характерна двойственность тенденций.

| Позитивные тенденции  | Негативные тенденции  |
|---|---|
| Возникновение первых экопоселений со здоровой средой                  | Рост экологического следа отдельных городов, стран и человечества   |
| Рост качества среды жилищ в городах развитых стран                    | Рост числа людей, живущих в трущобах в странах Азии, Африки и Латинской Америки                                       |
| Рост числа городов, стремящихся к устойчивому развитию и экологизации | Слабая, низкая устойчивость развития городов слаборазвитых стран  |
| Рост качества городской среды и жизни в городах развитых стран        | Рост урбоарелов и мегаполисов бедных стран с низким качеством среды и жизни   |
| Решение крупных урбоэкологических проблем с помощью новых технологий  | Возможность решения только некоторых первоочередных проблем с помощью методов, не требующих больших финансовых затрат |

В условиях существования множества городов с разным качеством среды наиболее реальным направлением создания экологичной городской среды на региональном и глобальном уровнях является, по мнению автора, «вытесняющая» и «замещающая» экореконструкция городов и зданий и экореставрация ландшафтов, которая противоположна прежнему вытеснению и подавлению природы. Этот путь является наиболее «мягким», не требующим крупномасштабных вмешательств в функционирование и структуру существующих городов.

В мире постоянно повышается интерес к созданию здоровой среды, к экологизации поселений. Здоровые города с экологичной средой — это реальное будущее человечества. Создание экологичной городской среды возможно только на основе использования целостного комплекса урбэкологических, архитектурно-строительных, технологических, этических принципов, постоянного экологического образования и воспитания в целях использования экологизации в человеческой деятельности.

## **ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

То, что экологично, то в конечном итоге экономично и хорошо как для жителей, так и для города и окружающей его среды. Это правило касается всех без исключения урбанистических, ландшафтных, архитектурно-строительных, транспортных, производственных, энергетических и других решений в городах.

В здоровом городе и вокруг него должна быть создана устойчивая среда жизни — динамичная социально-экологическая система, играющая важнейшую роль в обеспечении приемлемых для человека и всей природы условий жизни и сохранении человека вместе с природой.

Важнейшей задачей всей человеческой деятельности в условиях возникновения признаков экологического кризиса, роста антропогенно преобразованных территорий, вытеснения и отступления природы является сохранение устойчивой среды жизни на Земле.

Высококачественная среда жизни человека — основной фактор, обеспечивающий удовлетворение насущных (первоочередных) и других потребностей человека, повышающий качество жизни, формирующий гармоничную социальную среду.

Условия сохранения устойчивой среды жизни человека обеспечивает широкая экологическая инфраструктура.

В связи с тем, что существующие города, кварталы, отдельные здания и инженерные сооружения в своей массе не экологичны, для формирования устойчивой среды жизни требуются реконструкция городов и реставрация ландшафтов на основе экологических законов и принципов экологизации. Экологичная реконструкция городов и зданий и экологичная реставрация ландшафтов должны основываться на глубоких экологических знаниях.

Градостроительные вопросы следует решать, принимая во внимание проблемы сохранения, экологичной реставрации или экологичного преобразования ландшафта с учетом охраны природных ресурсов территории (минерально-сырьевые, воздух, вода, почва, растительный и животный мир), назначая урбоэкологические мероприятия для сохранения, восстановления и улучшения природы. К таким мероприятиям относятся: создание пространственного экологического каркаса расселения и стабильных экосистем с самоадаптацией, разработка природоохранных и гигиенических мероприятий, экологическая компенсация инженерно-техническими средствами; применение устойчивых к антропогенным нагрузкам ландшафтов; поддержание экологически обоснованного соотношения освоенных и естественных территорий.

При реконструкции крупных городов необходимо использовать принципы полицентричности, «децентрализованной концентрации», созда-

ния локальных центров с пешеходным доступом жителей к местам обслуживания в каждом центре. Локальные районы, на которые разбивают крупный город, должны характеризоваться следующими особенностями: 1. Высокая плотность использования территории (все искусственные объекты и ландшафты на данной местности должны находиться в пределах пешеходного доступа). 2. Смешанное использование земли (в жилые кварталы встраиваются небольшие, не загрязняющие среду предприятия, объекты обслуживания населения, офисы, культурно-развлекательные, спортивные, вычислительные центры и др.). 3. Высокая плотность застройки жилых кварталов многосемейными зданиями. 4. Поощряемые планировочными мероприятиями преимущественно пешеходные связи внутри «городка»; ограниченное число стоянок для автомобилей, отсутствие поверхностных стоянок для них. 5. Наличие станций городского наземного или подземного транспорта в центре «городка». 6. Размещение в пределах «городка» или рядом с ним учебных и общественных зданий (школы, библиотеки, поликлиники, центры охраны детства, центры отдыха, в некоторых случаях — небольшие городские фермы). 7. Высокая степень удовлетворения местных потребностей (хорошее железнодорожное и автобусное сообщение с остальными частями города и т. д.). 8. Хороший дизайн общественных территорий.

При проектировании мест расселения необходимо использовать принципы экологического каркаса, зеленых коридоров (соединение между собой всех зеленых территорий города и объединение их с естественными загородными территориями) и пермакультуры (многофункциональное озеленение всех возможных поверхностей) в целях очистки воздуха, улучшения визуальной среды, обеспечения возможности безопасной миграции животных и пеших прогулок жителей. При новом строительстве и экореконструкции следует применять решения, позволяющие создать максимально возможные поверхности естественного субстрата для вертикального и горизонтального озеленения.

Экологичные места расселения должны быть максимально приспособлены (адаптированы) к природной среде, чтобы не отторгаться экосистемами. Для этого они не должны выделять недопустимые для природной среды загрязняющие вещества и уничтожать природную среду. Они должны поддерживать природную среду в городах, возвращать в естественное состояние максимально возможную площадь ранее отторгнутых территорий, обеспечивать безопасность существования различных местных сообществ растений и мелких животных.

При проектировании новых и экологичной реконструкции существующих городов необходимо применять правила достижения экологичной красоты, использовать комплексный системный подход к созданию здоровой и приятной для жителей среды. Экологичная красота жилищ, зданий, инженерных сооружений, городов и стран является наиболее действенным средством экологического воспитания жителей, привития им основ экологической этики.

Естественные технологии (вентиляции, освещения, охлаждения, очистки и др.), не требующие затрат энергии, должны найти широкое применение в зданиях. Нужно совершенствовать базирующиеся на естествен-

ных технологиях установки, чтобы они не ухудшали визуальное восприятие зданий.

Транспорт в городе должен быть экологизирован путем стимулирования развития общественного электротранспорта (из всех видов такого транспорта самый лучший — в подземной трубе), ограничения применения автомобилей и установки на них не загрязняющих среду двигателей, перевода автомобильного движения под землю («метро» для автомобилей), поощрения велотранспорта и пешеходного движения строительством велотрасс и пешеходных дорог, не имеющих пересечений с другими транспортными путями (объединением их с зелеными коридорами).

Места расселения необходимо проектировать с учетом положений сенсорной экологии (визуальной, экологии запахов и звуков), выбирая архитектурно-планировочные и конструктивные решения, не вызывающие визуального загрязнения, агрессивных зрительных, запаховых и шумовых полей и приближающие поле сенсорных воздействий к природному.

Архитектурно-планировочные решения следует варьировать, исходя из условия достижения максимального экологического комфорта при одновременном отсутствии загрязнения природной среды (пропорциональные природному окружению здания, не диссонирующие с природой, с озелененными внутренними дворами, с озеленением стен, крыш, террас; первые этажи — нежилые, используемые для размещения частных мастерских, магазинов и т. п.; внутри жилых кварталов небольшие экологичные предприятия, на которых работают в основном местные жители, не тратящие время на дорогу).

Здания и сооружения в городе следует проектировать с максимальным сохранением земли, пригодной для естественно-ландшафтного, сельскохозяйственного, рекреационного, заповедного использования. Снижать площадь застройки можно благодаря строительству зданий на неудобьях (крутой рельеф, лощины, овраги и др.), подземных, надземных (на опорах), подземно-надземных.

Все здания и инженерные сооружения не должны прерывать естественный кругооборот веществ. Поэтому следует применять водо- и светопроницаемые покрытия дорог, тротуаров с озеленением части покрытий, обеспечивать доступ солнечного света и дождевой воды к поверхности грунта в городе, избегать непроницаемых покрытий большой площади, использовать «сквозные» покрытия с проемами для прохода воды и роста травы (например, из штучных плит, гравия).

Здания и сооружения должны быть максимально самообеспечены (независимы от сетей тепло-, электро-, водо-, газоснабжения, канализации и др.), иметь замкнутый безотходный цикл функционирования («круговоротный» принцип), чтобы не загрязнять природную среду.

Здания и сооружения необходимо проектировать исходя из условия максимально возможного сбережения энергии и самообеспечения энергией. Для этого надо использовать конструкции (стены, окна, двери, кровли) с минимальными теплопотерями, энергосберегающие приборы и оборудование, утилизаторы внутренней теплоты от людей, оборуду-

дования, воды, а также солнечной энергии, подземной теплоты, теплоты биологических отходов, энергии ветра и т. д. С северной стороны следует предусматривать особо теплые стены без проемов или с минимумом проемов, с южной — зимние сады, оранжереи, теплицы.

Все учебно-воспитательные здания должны быть максимально экологичны (красивая архитектурная среда; озеленение, зеленые коридоры и зимние сады; экологичные материалы; полный комплекс устройств, использующих возобновляемую энергию — солнечную, ветровую, геотермальную, био-, гидроэнергию; естественная вентиляция и охлаждение и т. д.). Изучение всех усовершенствований и приборов должно быть включено в учебный процесс.

При проектировании городских кварталов, зданий и сооружений необходимо предусматривать экологизацию всего круга потребностей жителя города (биологических, экономических, трудовых, этнических и др.) в целях их максимального удовлетворения с учетом ограниченности природно-ресурсного потенциала региона и города.

Для создания здоровой внутренней среды зданий должны соблюдаться требования биоархитектуры: применение естественных природных материалов — дерева, нерадиоактивного щебня, песка, глины, известняка, кирпича, черепицы, керамики, штукатурки, красителей из натуральных материалов; отказ от применения пластмасс; ограниченное использование металла. Здания следует располагать в таких местах, где отсутствуют вредные грунтовые воды, интенсивные магнитные и электромагнитные поля, в самих зданиях надо снижать до минимума число электроприборов, создающих интенсивные электромагнитные поля.

При проектировании зданий необходимо предусматривать архитектурно-планировочные мероприятия по сбору дождевой воды с твердых покрытий, ее последующей очистки и повторному использованию. Внутри кварталов надо устраивать центры интенсивного водопотребления и очистки (прачечные, бассейны, душевые, бани, сауны и др.).

При проектировании зданий и отдельных конструкций следует использовать строительную бионику для выбора рациональных форм зданий и их элементов, сокращения затрат материалов, создания благоприятного внешнего вида сооружений, гармонирующего с естественной природой.

Внутри каждого микрорайона целесообразно устраивать плодоносящий сад, огород (удобряемые с помощью превращения биоотходов микрорайона в гумус), ограниченный участок дикой природы, центр экологического воспитания с небольшим зоопарком и видеозалом.

В зданиях и других местах расселения надо предусматривать помещения для раздельного сбора твердых бытовых отходов, сбора и утилизации пищевых биоотходов. Каждую квартиру следует снабжать ручными прессами для прессования не утилизируемых отходов, каждый подъезд — разноцветными баками для раздельного сбора бумаги, стекла, металла, пластмассы, батареек и других отходов, каждый дом — помещением для вермикультуры (переработки биоотходов в гумус).

Все объекты промышленности, энергетики и другие предприятия в городе должны подвергаться целенаправленной экореконструкции на

месте или с переносом (индустриальным переселением) за пределы города, заменой «грязных» производств. Экореконструкция производств и экореставрация загрязненных ландшафтов должны осуществляться по специальным программам.

Городские сооружения и технику в городе надо проектировать с учетом принципа миниатюризации, соответствия искусственных объектов размерам природных форм. Принцип миниатюризации следует использовать при создании малогабаритных домовых отопительных установок, небольших (на квартал или микрорайон) очистных подземных сооружений для повторного использования «серой» и дождевой воды, подземных гаражей и стоянок, подземных торговых и бытовых центров и др.

В городе должны быть полифункциональные и «умные» здания и инженерные сооружения, выполняющие несколько функций, автоматически реагирующие на внешние воздействия или создающие здоровую внутреннюю среду. Полифункциональность зданий и сооружений снижает опасность природных катастрофических воздействий.

При разработке технологии возведения зданий и сооружений необходимо использовать решения, минимально преобразующие рельеф, дающие возможность вернуть территорию строительной площадки по окончании строительства в естественное состояние: снятие и сохранение почвенного слоя на месте строительства; использование сборно-разборного покрытия автодорог, отказ от складов (монтаж с колес), применение безотходных технологий, выбор минимальных размеров строительных площадок при реконструкции с применением большепролетных покрытий над реконструируемым объектом и др.

Конструктивные решения следует принимать с учетом анализа цикла жизни здания и его стоимости. Они должны позволять разборку (демонтаж) здания после завершения проектного срока его эксплуатации с возвращением занятой земли в естественное состояние (исключение необратимого уплотнения или закрепления естественного грунта под фундаментами, применение сборно-разборных фундаментов и конструкций вышележащей части). Здание в период эксплуатации не должно препятствовать естественному потоку грунтовых вод, естественному обороту воды и газов между атмосферой и почвой.

Результатом экологичного проектирования и строительства должны быть города и здания, сохраняющие и восстанавливающие среду жизни, находящиеся в динамичном равновесии с природной средой, гармонирующие с природной средой, положительно воспринимаемые органами чувств, оздоравливающие среду и повышающие качество жизни, сохраняющие и восстанавливающие природные ресурсы, не отторгаемые природными экосистемами, удовлетворяющие весь круг потребностей жителей. В итоге должна быть сохранена устойчивая среда жизни.

Можно утверждать, что создание здоровой, экологичной городской среды в городах, находящихся в гармонии с природной средой, — это хороший путь развития, позволяющий осуществить вечную мечту человечества о единстве с природой. Здоровая, экологичная городская среда — это желаемое со всех точек зрения будущее городов.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ\*

**Агломерация** (городская) — объединенная (функционально и пространственно) в единую социально-экономическую и экологическую систему группа мест расселения.

**Адаптации** — совокупность реакций системы, поддерживающих ее функциональную устойчивость при изменении условий окружающей среды. Адаптации важны при оценке устойчивости природных и общественных (социально-экологических) систем.

**Адаптивная способность** — способность к адаптациям без потери устойчивости.

**Адаптивная способность социально-экологических систем** — способность к адаптациям при самоорганизации без существенного снижения основных функций по отношению к первичному состоянию — производительности, экологическим циклам, социальным отношениям и экономическому процветанию. В экологических системах связана с сохранением необходимой экологической инфраструктуры, генетического и биологического разнообразия; в социальных системах зависит от множества факторов, создающих устойчивость (равноправие, удовлетворение потребностей, быстрое реагирование, гибкость в решениях проблем, баланс власти между разными группами и др.).

**Активно-биопозитивные здания** — здания с усиленными биопозитивными свойствами вследствие подведения энергии.

**Анализ цикла жизни здания** — обоснование выбора лучшего варианта здания с учетом экономических, экологических и энергетических критериев, архитектурно-планировочных и конструктивных решений, применяемых механизмов и материалов, способов строительства, снабжения энергией, утилизации отходов, вторичного использования ресурсов, применения невозобновляемых ресурсов в целях достижения наилучших эколого-экономических показателей объекта.

**Антропогенное загрязнение** — загрязнение биосферы в результате деятельности человека в промышленной, сельскохозяйственной, транспортной и других отраслях.

**Антропогенный ландшафт** — ландшафт, образовавшийся в результате воздействия человека на природный ландшафт.

**Архология** (архитектура + экология) — экологичная архитектура, учитывающая экологические законы, рекомендации и требования при создании регионов, городов, зданий, сооружений (создание экологичной,

---

\* При составлении частично использован словарь-справочник Н.Ф.Реймерса [16].

в том числе сенсорной, городской среды, приближение жителя города к естественной природе и т.д.).

**Биоархитектура** — течение в архитектуре, опирающееся на различные аспекты (в том числе конструктивные) и принципы структур живых организмов, изучаемые бионикой.

**Биогаз** — газ, получаемый из биомассы.

**Бионегативные сооружения** — сооружения, вносящие помехи, загрязняющие среду обитания.

**Бионейтральные сооружения** — сооружения, практически не оказывающие влияния на природу.

**Бионика** — наука, занимающаяся изучением принципов построения и функционирования биологических систем и их элементов и применением полученных данных для совершенствования искусственных объектов.

**Биопозитивные сооружения** — сооружения, которые не вносят помех в круговорот веществ и энергии, помогают развитию природы, воспринимаются природой как родственные ей элементы и не отторгаются природной средой, включаются в экосистемы.

**«Больные» здания** — здания, в которых наблюдается плохое самочувствие людей. Это явление может быть связано с искусственным климатом, искусственной отделкой, выделяющей вредные воздействия, электронным смогом, экологически необоснованной освещенностью, неудачными сочетаниями цвета в отделке и т.д.

**Вертикальное озеленение** — культивация на вертикальных поверхностях зданий и инженерных сооружений различных растений для улучшения городской среды. Может быть выполнено вплотную к стене или на отnose, на специальных держателях, декоративных решетках.

**Водопотребление** — потребление воды из водного объекта или из систем водоснабжения.

**Воспроизводство природных ресурсов** — совокупность мер, направленных на восполнение и рост природных ресурсов или на усиление полезных свойств природных объектов.

**Восстановление природных ресурсов** — совокупность мер по восполнению или усилению полезных свойств природных ресурсов, утраченных в результате человеческой деятельности или природных катастроф.

**Гелиоколлектор** — устройство для улавливания солнечной энергии и ее преобразования в тепловую и другие виды энергии.

**Город-сад** — город, построенный в целях приближения жителей к природе и объединения природы с застройкой. Небольшой идеальный город, в котором площадь озеленения составляет не менее 50 %, а расстояния между жилыми домами, общественными зданиями, предприятиями, рекреационными территориями находятся в пределах пешеходного доступа.

**Городская среда** — комплекс, включающий в себя природную среду, окружающую город, и материальную структуру города (здания, территории и др.).

**Градостроительная экология** — комплекс градостроительных, медико-биологических, географических, технических и социально-экономических областей знаний, которые изучают воздействие человека на при-

роду на территориях городов и прилегающих зон влияния и предлагают соответствующие экологичные решения.

**«Грусть» новых городов** — плохое самочувствие, неудовлетворенность средой проживания, характерные для жителей новых (чаще всего многоэтажных) кварталов и городов. Может быть связана с отрывом людей от природы, от привычного общения в старых уютных небольших дворах.

**Деградация среды** — вызванное человеческой деятельностью разрушение или существенное нарушение экологических связей, обеспечивающих природный обмен веществ и энергии.

**Допустимые пределы изменения среды** — диапазон между минимальными и максимальными критическими значениями параметров состояния среды, внутри которых она устойчива.

**Емкость демографическая** — максимальное число жителей, потребности которых могут быть обеспечены за счет ресурсов рассматриваемой территории при сохранении экологического равновесия.

**Емкость среды** — способность окружающей среды нейтрализовать без изменения своего состояния воздействия внешних чужеродных факторов.

**Емкость территории экологическая** — максимально возможная биологическая продуктивность территории с учетом оптимального состава растительного и животного мира.

**Загрязнение** — поступление в природную среду не свойственных ей твердых или газообразных веществ, а также видов энергии (тепловой, звуковой, радиоактивных волн) в количествах, превышающих уровень, который не оказывает вредного воздействия на человека, животных и растения.

**Замкнутый цикл водоиспользования** — многократное использование воды в одном и том же производственном процессе без сброса сточных вод в водные объекты.

**«Здоровый» город** — город с экологичной, чистой, здоровой средой, удовлетворяющий экологически обоснованные потребности жителей, свободный от преступности, не допускающий сильного расслоения жителей по уровню доходов.

**«Зеленая архитектура»** — одно из экологичных направлений в архитектуре, заключающееся в максимальном учете принципов экологизации, использовании энергосберегающих решений, вертикального и горизонтального озеленения, экологичных материалов, пермакультуры.

**Зоны защитные** — часть естественного природного пространства с установленным по закону режимом особой охраны в целях предупреждения вредного влияния хозяйственной деятельности или стихийных природных явлений.

**Зоны зеленые** — разновидность расположенных вокруг городов зон с защитной растительностью и режимом особой охраны.

**Инвйронментальное пространство (environmental space)** — предельные нормы (одинаковые по объему на душу населения в каждой стране) глобального загрязнения, расходования мировых запасов невозобновляемых ресурсов, мировых площадей сельскохозяйственных земель и лесов, при соблюдении которых не будет нанесен ущерб последующим поколениям.

**Индикаторы устойчивого развития** — объективные количественные и качественные показатели (чаще всего — относительные), свидетельствующие о приближении города к состоянию устойчивого (экологически поддерживающего) развития.

**Инерция среды** — способность среды противостоять в определенных пределах действию внешних факторов без изменения своего состояния.

**Инфраструктура** (от *лат.* *infra* — ниже, под и *structura* — строение) — комплекс хозяйственных и культурных объектов и отраслей, обслуживающих производство и составляющих его подоснову. В инфраструктуру включают производственную и социальную инфраструктуры, природные ресурсы, а иногда — условия жизни общества.

**Истощение природных ресурсов** — несоответствие между их доступными запасами или допустимыми нормами изъятия и растущими потребностями человечества.

**Каркас природный (экологический)** — система (сеть) объединенных и переходящих друг в друга участков природы различной площади, неразрывная взаимосвязь которых позволяет поддерживать экологическое равновесие и среду жизни, сохранять биоразнообразие. Оптимальный каркас — это пространственная ячеистая сеть, покрывающая всю территорию страны, региона, города, городского района, ячейки которой представляют собой крупные участки естественной и культурной природы, а связывающие их нити — экологические, или зеленые, коридоры.

**Качество жизни** — динамичный субъективный показатель условий, обеспечивающих или не обеспечивающих комплекс личного и общественного здоровья людей, соответствие среды жизни человека его потребностям и социально-психологическим установкам, которое влияет на среднюю продолжительность жизни, здоровье людей и уровень их заболеваемости (физической и психической). Для ряда развитых стран мира качество жизни — это комплекс экономических, политических, социальных и идеологических факторов, определяющих положение человека в обществе.

**Качество среды** — степень соответствия природных условий потребностям людей и других живых организмов.

**Концентрация загрязнителей** — их количество в определенном объеме или весовой единице воздуха, воды, почвы или другой среды.

**Концентрация предельно допустимая (ПДК)** — количество вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте с человеком или воздействии на него в течение определенного промежутка времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. Устанавливается в законодательном порядке или рекомендуется компетентными организациями (комиссиями и т. п.). В последнее время при определении ПДК учитывают не только степень влияния загрязнителей на здоровье человека, но и их воздействие на диких животных, растения, грибы, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом. Исследования воздействия канцерогенов и ионизирующей радиации привели к выводу об отсутствии у них нижних безопасных порогов, а следовательно, ПДК. Любое превышение ими привычных природных фонов опасно для живых организмов (хотя бы на генетическом уровне).

**Концентрация пыли** — ее содержание в определенном объеме уходящих (выхлопных) газов, в воздушной среде рабочих мест, промышленных зон, населенных пунктов или в атмосфере планеты.

**Концентрация фоновая** — 1) содержание веществ в воздухе или воде, определяемое глобальными и региональными естественно происходящими процессами; 2) содержание веществ в воздухе или воде, определяемое глобальной и региональной суммой естественных и антропогенных процессов; 3) содержание веществ в воздухе населенных мест, определяемое неучитываемыми производственными и транспортными выбросами и (или) приносом загрязнителей из смежных регионов.

**Красота города** — достигаемое архитектурно-ландшафтными, архитектурно-экологическими и сенсорно-экологическими мероприятиями разнообразие городской среды, хорошо воспринимаемое органами чувств.

**Кровля-газон** — кровля здания или инженерного сооружения (горизонтальная или с небольшим уклоном), заполненная почвенно-растительным грунтом с высаженными в нем растениями (травой, цветами, кустарником).

**Ландшафт** — природно-территориальный комплекс с преобладанием одного типа биогеоценоза, обычно на территории площадью не менее нескольких квадратных километров.

**Ландшафт антропогенный** — ландшафт, преобразованный хозяйственной деятельностью человека настолько, что связь его природных (экологических) компонентов изменилась до степени, ведущей к образованию нового по сравнению с ранее существовавшим на этом месте природного комплекса. К антропогенным ландшафтам причисляют также производственные комплексы, городские поселения и т.п. В настоящее время эти ландшафты занимают около половины территории суши планеты. В отличие от естественных ландшафтов, где природные процессы саморегулируются, развитие антропогенных ландшафтов контролируется человеком. При отсутствии такого контроля они постепенно приобретают свойства саморегуляции, но обычно в ходе более или менее длительных изменений.

**Ландшафт культурный** — целенаправленно созданный антропогенный ландшафт, обладающий целесообразными для человеческого общества структурой и функциональными свойствами.

**Ландшафт техногенный** — разновидность антропогенного ландшафта, особенности формирования и структуры которого обусловлены производственной деятельностью человека, связанной с использованием мощных технических средств. Воздействие этих средств может быть прямым (механическое нарушение земель, растительности, затопление и т.п.) или косвенным (загрязнение промышленными выбросами, подкисление осадков, фактор беспокойства и т.д.).

**Мега(ло)полис** — город с населением более 1 млн чел., иногда представляющий собой объединение большого числа крупных и мелких поселений.

**Метаболизм** (от *греч.* *metabolé* — изменение, превращение) — обмен веществ, совокупность процессов ассимиляции и диссимиляции, основная особенность живых организмов.

**Метаинфраструктура** — природные ресурсы, иногда — условия жизни общества.

**Миниатюризация** — один из принципов экологизации, заключающийся в отказе от гигантизма объектов, в стремлении к соответствию объектов размерам тела человека и компонентов ландшафтов (высоте деревьев, холмов и др.). Миниатюризация касается не только размеров зданий, но и, например, систем отопления (применение местных котельных вместо больших общегородских, ведущих к загрязнению среды и потерям теплоты).

**Мониторинг** — система наблюдения, контроля состояния окружающей среды и принятия своевременных мер по недопущению негативных воздействий на среду.

**Ответственность природоохранительная** — неблагоприятные последствия, возникающие для лица в случае нарушения им природоохранного законодательства.

**Пассивная система солнечного отопления** — система, основанная на применении конструктивных и архитектурных решений для повышения степени использования солнечной радиации и снижения тепловых потерь без гелиотехнического оборудования.

**Окружающая среда** — все окружающее человека (природная среда, искусственно созданная человеком среда, явления и процессы в историческом развитии).

**Охрана окружающей среды** — комплекс мер по охране окружающей среды и оптимизации соотношения природных и антропогенных факторов, влияющих на сохранение и улучшение здоровья и качества жизни людей, сохранение и воспроизводство природных ресурсов, их рациональное использование.

**Охрана природной среды города** — комплекс мероприятий по сохранению, рациональному использованию и воспроизводству (реставрации) природных комплексов в городе.

**Охрана природы** — совокупность международных, государственных, региональных и местных административно-хозяйственных, технологических, политических, юридических и общественных мероприятий, направленных на сохранение, рациональное использование и воспроизводство природы Земли и ближайшего к ней космического пространства в интересах нынешнего и будущих поколений людей. Включает в себя систему мер, обеспечивающих сохранение и восстановление природных ресурсов, предупреждающих прямое и косвенное влияние результатов деятельности общества на природу и здоровье человека.

**Пермакультура** — одно из направлений экологизации и производства сельскохозяйственной продукции, заключающееся в комплексном использовании территории и поверхностей зданий и инженерных сооружений для интенсивного выращивания продукции и одновременно для оздоровления окружающей среды и улучшения ее визуального восприятия.

**Природа** — весь материально-энергетический и информационный мир Вселенной (универсум Вселенной), совокупность естественных условий существования человеческого общества, на которую прямо или косвенно воздействует человек.

**Природопользование** — совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению. Включает в себя извлечение и переработку природных ресурсов, их возобновление или воспроизводство; использование и охрану природных условий среды жизни; сохранение (поддержание), воспроизводство (восстановление) и рациональное изменение экологического баланса (равновесия, квазистационарного состояния) природных систем, что служит основой сохранения природно-ресурсного потенциала развития общества.

**Репродуктивная способность территории** — способность воспроизводить основные компоненты природной среды — воздух, воду, почвенно-растительный покров, живые организмы.

**Ресурсы** — любые источники необходимых людям материальных и духовных благ, которые можно получить при существующих технологиях и социально-экономических отношениях. Ресурсы принято подразделять на материальные, трудовые (в том числе интеллектуальные) и природные (естественные).

**Ресурсы невозобновляемые** — та часть природных ресурсов (минералы, почвы, видовой состав живых существ и т. д.), которая не самовосстанавливается в процессе круговорота веществ в биосфере за время, соизмеримое с темпом хозяйственной деятельности человека.

**Ресурсы природные** — средства для поддержания жизни людей, существующие в природе и не созданные трудом человека.

**Система социально-экологическая (геосоциальная)** — система, включающая в себя всю биосферу, человечество как социально-экономическую совокупность и человечество как биосоциальную видовую разность или их территориальные подразделения, выступающие в этой системе как взаимодействующие подсистемы.

**Среда агрессивная** — любая среда, негативно воздействующая на человека и его органы чувств, либо среда, вызывающая или усиливающая коррозию материалов и изделий вследствие физических, химических или биологических воздействий.

**Среда архитектурно-ландшафтная** — сочетание природных условий и строительно-архитектурных форм, создающих предпосылки для хозяйственной и бытовой деятельности человека и воздействующих на человека как на социально-биологическое существо.

**Среда внешняя** — силы и явления природы, ее вещество и пространство, любая деятельность человека, находящиеся вне рассматриваемого объекта или субъекта и необязательно непосредственно контактирующие с ним.

**Среда внутриквартирная (жилая)** — физико-химические, биологические, психологические факторы жизни в жилых помещениях. Складывается из внешних воздействий (природная радиация, транспортный шум, химический фон, биотическое окружение, загрязнение атмосферы, влажность и состав воздуха и т. п.), влияний строительных конструкций и отделки (высота потолков, цвет стен, радиоактивность строительных материалов, пыль, образующаяся при их постепенном разрушении, степень воздухопроницаемости, скорость перемещения воздуха, освещение через окна и т. д.) и факторов бытовой деятельности (продукты сгорания

топлива при приготовлении пищи, пищевые и другие запахи, квартирные шумы и т. д.).

**Среда городская (жизни человека)** — динамичная совокупность природной и квазиприродной сред, артеприродной среды населенных мест и внутриквартирной (жилой) среды, социально-психологической и социально-экономической сред, (динамичный комплекс природных, природно-антропогенных, социально-экономических и социально-психологических факторов, воздействующих на человека).

**Среда жизни** — динамичная система природных, природно-антропогенных, техногенных, социально-психологических и социально-экономических факторов, взаимодействующих между собой и с человеком и в итоге воздействующих на человека.

**Среда культурная** — среда исторически конкретного уровня развития общества, творческих сил и способностей людей, определяемая типами и формами организации жизни и деятельности людей, а также создаваемыми ими материальными и духовными ценностями. Включает в себя также материальные и духовные ценности, созданные предыдущими поколениями.

**Среда населенных мест техногенная** — среда искусственного окружения жителей, состоящая из чисто технических (здания, сооружения, асфальт дорог, искусственное освещение и т. д.) и природных (воздух, естественное освещение и т. д.) элементов.

**Среда обитания** — совокупность абиотических и биотических условий жизни организма.

**Среда, окружающая человека**, — совокупность абиотической, биотической и социальной сред (одновременно природной, квазиприродной, артеприродной и др.), совместно оказывающих непосредственное влияние на человека и его деятельность.

**Среда, окружающая человека, природная** — отличающаяся способностью к самоподдержанию и саморегуляции без корректирующего воздействия человека динамичная (постоянно меняющаяся) совокупность природных и слабо измененных деятельностью людей абиотических и естественных биотических факторов, оказывающих влияние на человека.

**Среда природная** — часть окружающей среды, включающая в себя материальные тела, физические, химические и биологические явления и процессы.

**Среда социально-психологическая** — общественные (неэкономические) отношения между людьми.

**Среда социально-экономическая** — отношения между людьми (и их группами), а также между ними и создаваемыми ими материальными и культурными ценностями (в том числе накопленными), воздействующими на человека. Включает в себя социально-психологические, социологические, демографические, национально-культурные, этнические, производственно-экономические и другие элементы.

**Среда экологическая** — то же, что и среда внешняя, но в приложении лишь к живым организмам или объектам с участием живого вещества.

**Стабильность биосферы** — способность биосферы противостоять внешним (космическим) и внутренним возмущениям, в том числе любым антропогенным воздействиям.

**Стабильность экологическая** — способность экосистемы противостоять внутренним абиотическим и биотическим факторам среды, в том числе антропогенным воздействиям.

**Стоимость цикла жизни** — оцениваемые при выборе вариантов предполагаемые суммарные затраты на все стадии цикла жизни — от стоимости строительных материалов до дополнительных затрат на ремонты и реконструкции и заключительную разборку с учетом последующего включения в цикл материалов, полученных при разборке.

**Техносфера** — часть биосферы, измененная деятельностью человека.

**«Умные» (интеллектуальные) здания и сооружения** — 1) здания и сооружения, повышающие качество жизни, среды путем автоматического реагирования на неблагоприятные изменения параметров среды; 2) вообще все здания и сооружения, автоматически реагирующие подобно живым организмам на изменения внешних и внутренних воздействий.

**Урбанизация** — рост и развитие городов, связанные с индустриализацией и научно-технической революцией.

**«Урбанизация нищеты»** — современная тенденция ускоренного роста крупных и крупнейших городов и урбоареалов в бедных и беднейших развивающихся странах с низким качеством жилищ и городской среды.

**Урбанизированная страна** — обычно сравнительно небольшая по площади страна, в которой практически не осталось территорий в естественном состоянии. Все территории преобразованы человеческой деятельностью, зеленые территории (леса, луга и др.) остались только в виде культурных ландшафтов.

**Урбоареал** — функциональное и пространственное объединение множества крупных (мегаполисы) и мелких мест расселения, слившихся в результате расширения их границ; имеет большую протяженность (например, длина урбоареала Бостон — Вашингтон составляет более 400 км), насчитывает до нескольких десятков миллионов жителей.

**Урбоэкология** — экология в градостроительстве — поиск путей, средств, методов и решений, направленных на обеспечение экологически обоснованных условий жизни населения, экологического равновесия, устойчивого (экологически поддерживающего) развития, рационального природопользования в регионе.

**Устойчивое (экологически поддерживающее) развитие** — жизнеспособное самоподдерживающее развитие, улучшающее качество жизни людей и не подрывающее возможности для его улучшения у будущих поколений. Повышение качества жизни в условиях устойчивой биосферы, когда естественная природа сохраняется в объеме, способном обеспечить экологическое равновесие.

**Устойчивость среды** — способность среды к самосохранению и саморегулированию в пределах, не превышающих допустимые.

**Факторы социально-экологической устойчивости** — сохранение экологической инфраструктуры; забота о биоразнообразии для поддержания устойчивости; умение жить в меняющейся среде и обстановке не-

уверенности; объединение различных типов знаний; создание возможности для самоорганизации.

**Фитомелиорация** — улучшение и оздоровление городской среды с помощью подбора видов и сочетаний устойчивых, красивых и полезных растений.

**Цена природных ресурсов (и объектов)** — их экономическая, социально-экологическая и культурная ценность, отражаемая суммой экономической и внеэкономической оценок, базирующихся в основном на приложении различного количества общественного труда к ограниченным природным ресурсам разного качества и местоположения.

**Цикл жизни здания** — период от начала возведения здания до окончания срока его эксплуатации, включающий в себя ремонты, реконструкции, разборку с возвращением площадки в состояние «зеленой лужайки».

**Экологизация** — природосберегающее и природовосстанавливающее направление в деятельности человека, нацеленное на достижение экологического равновесия с природной средой, позволяющее сохранить природу и одновременно повысить качество жизни.

**Экологическая безопасность** — состояние защищенности жизненно важных экологических интересов человека (права на чистую, здоровую, благоприятную для жизни окружающую среду и др.).

**Экологическая инфраструктура** — широчайший комплекс природных, природно-антропогенных и искусственных объектов и систем, обеспечивающий условия сохранения среды жизни человека (среды, окружающей человека).

**Экологическая красота** — красота города и городских ландшафтов, основанная на использовании экологических законов, учитывающая экологические особенности взаимодействия человека и природы.

**Экологическая полифункциональность** — выполнение зданием или инженерным сооружением одной или нескольких экологических функций наряду с основной функцией.

**Экологическая ситуация** — совокупность состояний экологических объектов (ландшафтов, их компонентов) в рамках определенной территории и в пределах отрезка времени. Может быть условно благоприятной, удовлетворительной, напряженной, критической и катастрофической.

**Экологические постулаты (законы, правила, принципы)** — закономерности, носящие черты естественно-исторических законов и нормативов и определяющие взаимосвязь организмов (в том числе человека) со средой.

**Экологические права и обязанности** — права и обязанности экологически образованного и воспитанного человека, реализующиеся с учетом экологических постулатов, при сохранении устойчивого развития, поддержании экологического равновесия. Обеспечивают высокое качество среды жизни и направлены на ее сохранение, восстановление и поддержание.

**Экологический кризис** — последствия устойчивого нарушения равновесия во взаимодействии природы и общества.

«**Экологический рюкзак**» — объем материалов, которые используются при получении единицы конечного продукта.

**Экологический след (footprint)** — площадь земли, включающая в себя разнообразные, в том числе городские, природные и сельскохозяйственные ландшафты, необходимая для удовлетворения потребностей одного человека. Величина экологического следа весьма изменчива, по разным данным колеблется в пределах 1 га, а для жителей развитых стран — до 10 га.

**Экологически чистые здания и сооружения** — здания и сооружения, не вносящие помех в естественный кругооборот веществ и потоки энергии или вносящие минимальные помехи, не нарушающие эластичность среды.

**Экологически чистые источники энергии** — источники энергии, не вызывающие потерь невозпроизводимых природных ресурсов и не загрязняющие среду при их использовании. Полностью чистых источников энергии нет, так как их использование ведет, например, к нагреву атмосферы, антропогенным воздействиям на природные компоненты.

**Экологическое правонарушение** — действия, нарушающие природоохранное законодательство и наносящие вред окружающей природной среде и здоровью людей.

**Экологическое преступление** — общественно опасное деяние, посягающее на установленный экологический правопорядок, экологическую безопасность общества.

**Экологическое равновесие** — квазиравновесное состояние экосистем — баланс естественных или измененных человеком средообразующих компонентов и природных процессов, приводящий к условно бесконечному существованию экосистемы, а также динамическое равенство прихода и оттока энергии, вещества и информации, поддерживающее экосистему в качественно определенном состоянии или ведущее к закономерной смене одной экосистемы другой в ряду сукцессионного развития.

**Экологическое равновесие территориальное** — равновесие, возникающее при рациональном соотношении интенсивно (урбокомплексы, агроценозы и др.) и экстенсивно (естественные леса, заповедники, выпасы и др.) используемых территорий с обеспечением отсутствия сдвигов в экологическом балансе крупных территорий.

**Экологичные объекты техники** — объекты техники, не загрязняющие природную среду, позволяющие сохранить и восстановить ее, соответствующие принципам экологичности.

**Экология** — 1) часть биологии, изучающая отношения организмов (особей, популяций, биоценозов и т.п.) между собой и окружающей средой, включает в себя экологию особей, популяций и сообществ; 2) дисциплина, изучающая общие законы функционирования экосистем различного иерархического уровня; 3) комплексная наука, исследующая среду обитания живых существ (включая человека); 4) область знаний, рассматривающая некую совокупность предметов и явлений с точки зрения субъекта или объекта (как правило, живого или с участием живого вещества), принимаемого за центральный в этой совокупности; 5) исследование положения человека (как вида) и общества в экосфере

планеты, его связей с экологическими системами и меры воздействия на них. В целом современная глобальная экология — научное направление, рассматривающее некую значимую для центрального члена анализа (субъекта, живого объекта) совокупность природных и отчасти социальных (для человека) явлений и предметов с точки зрения интересов (без кавычек или в кавычках) этого центрального субъекта или живого объекта.

**Экология градостроительная** — наука, изучающая процессы формирования жилой среды в связи с развитием городов и систем расселения, а также с учетом возможных пределов и последствий изменений, вызываемых этими процессами.

**Экология прикладная** — наука, изучающая механизмы разрушения биосферы человеком, способы предотвращения этого процесса и разрабатывающая принципы рационального использования природных ресурсов без деградации среды жизни. Базируется на системе законов, правил и принципов экологии. Включает в себя разработку норм использования природных ресурсов и среды жизни, допустимых нагрузок на них, форм управления экосистемами различного уровня, способов экологизации

**Экология промышленная (инженерная)** — 1) раздел «большой» экологии, рассматривающий воздействие промышленности (иногда совместно с транспортом и сельским хозяйством) на природу, а также влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов; 2) раздел науки, изучающий способы формирования и закономерности функционирования крайне упрощенных биоценозов (активного ила и т. п.), применяемых в технологических процессах.

**Экология сенсорная** — экология восприятия городской среды (визуальной среды, запахов, шума) — важнейшая часть архитектурно-строительной экологии, направленная на приближение показателей сенсорной городской среды к естественным.

**Экология социальная** — научная дисциплина, рассматривающая взаимоотношения в системе «общество — природа», изучающая взаимодействия и взаимосвязи человеческого общества с природной средой и разрабатывающая научные основы рационального природопользования, которые предполагают охрану природы и оптимизацию жизненной среды человека. Главная задача этой науки — изучение закономерностей взаимодействия человеческого общества и его отдельных территориальных групп с природой и проектирование на этой основе новой природно-окультуренной среды.

**Экология человека** — 1) комплексная дисциплина, исследующая общие законы взаимоотношения биосферы (ее подразделений) и антропосистемы (структурных уровней человечества, его групп (популяций) и индивидуумов), влияние природной (в ряде случаев и социальной) среды на человека и группы людей; 2) экология человеческой личности; 3) экология человеческих популяций, в том числе учение об этносах. Она изучает как социально-психологические и этологические отношения между людьми, так и отношение людей к природе, т. е. представляет собой комплексную эколого-социально-экономическую отрасль знания, где все социальные, экономические и природные условия рассматрива-

ет как одинаково важные составляющие среды жизни человека, обеспечивающие удовлетворение его различных потребностей.

**Эколого-правовое воспитание** — овладение экологической и юридической культурой, знание экологического законодательства и умение правильно его применять.

**Экономика природопользования** — раздел экономики, изучающий главным образом вопросы экономической оценки природных ресурсов и ущербов от загрязнения среды. Новая отрасль науки, изучающая методы наиболее эффективного воздействия человека на природу в целях поддержания динамического равновесия круговорота веществ в природе.

**Экоразвитие** — форма социально-экономического развития общества, учитывающая экологические ограничения (для данного исторического момента) и направленная на улучшение и сохранение (не на истощение) ресурсов среды жизни. В состав экологических ограничений входят не только нарушения среды, но и опасные (реальные и потенциальные) генетические, психологические и другие изменения самого человека.

**Экосистема** — устойчивая, саморазвивающаяся, саморегулирующаяся совокупность естественных компонентов природной среды: организмов, их групп, особей, видов, популяций, ценозов и среды, факторов их обитания.

**Экосистема техногенная** — экосистема, возникшая или значительно измененная под влиянием техногенных факторов (осушенные болота, подтопленные земли, вырубки и т. д.).

**Экосити** — город (часть города), при строительстве которого использовались принципы экологичности (биопозитивности), находящийся в экологическом равновесии с природой и не отторгаемый природными экосистемами, не загрязняющий природу, пронизанный зелеными коридорами, имеющий ниши для жизни диких животных и экологичные здания. Для него характерны высокое качество жизни, налаженная система экологического образования, воспитания и вовлечения всех жителей в процесс экологизации их жизни и деятельности.

**Экосовместимость техники (технологий)** — способность технических устройств и процессов наносить минимальный ущерб окружающей их среде.

**Экотехника** — 1) технические меры по охране, восстановлению и улучшению качества окружающей человека среды; 2) технические устройства для осуществления этих мер; 3) прикладная дисциплина, исследующая взаимодействие экосистем и человека, его культуры и техники в процессе развития биосферы.

**Эксергия** — полезная доля затраченной энергии.

**Эластичность среды** — способность среды изменять свое состояние под влиянием внешних факторов и возвращаться в исходное состояние.

**Энергоактивное здание (сооружение)** — здание (инженерное сооружение), совмещенное с одним или несколькими устройствами для использования возобновляемой (нетрадиционной) энергии. Архитектурная или конструктивная форма здания (сооружения) при этом способствует более успешной утилизации энергии, отдельные элементы здания совмещены с устройствами для ее использования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боков В. А.* Основы экологической безопасности / В. А. Боков, А. В. Лушик. — Симферополь : Сонат, 1998. — 224 с.
2. *Вернадский В. И.* Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский. — М. : Айрис Пресс, 2004. — 575 с.
3. *Владимиров В. В.* Расселение и экология / В. В. Владимиров. — М. : Стройиздит, 1996. — 392 с.
4. *Глазычев В. Л.* Городская среда: технология развития / В. Л. Глазычев, М. М. Егоров, Т. В. Ильина. — М. : Ладыя, 1995. — 240 с.
5. Городская среда: принципы и методы геоэкологических исследований / под ред. А. Н. Антипова. — Иркутск : Инст. географии, 1990. — 223 с.
6. Городская среда: проблемы существования / под ред. А. А. Высоковского и Г. З. Каганова. — М. : ВНИИТАГ, 1990. — 190 с.
7. *Гутнов А. Э.* Мир архитектуры (лицо города) / А. Э. Гутнов, В. Л. Глазычев. — М. : Мол. гвардия, 1990. — 352 с.
8. *Исаченко А. Г.* Оптимизация природной среды / А. Г. Исаченко. — М. : Мысль, 1984. — 264 с.
9. *Кочуров Б. И.* Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б. И. Кочуров. — Смоленск : Маджента, 2003. — 381 с.
10. *Курбатов Ю. И.* Архитектурные формы и природный ландшафт / Ю. И. Курбатов. — Л. : ЛГУ, 1988. — 138 с.
11. *Кучерявый В. А.* Урбоэкологические основы фитомелиорации / В. А. Кучерявый. — М. : Информация, 1991. — Ч. 1 — 375 с.; Ч. 2 — 288 с.
12. *Моисеев Н. Н.* Человек и ноосфера / Н. Н. Моисеев. — М. : Мол. гвардия, 1990. — 351 с.
13. *Одум Ю.* Экология / Ю. Одум. — М. : Мир, 1986. — Т. 1 — 328 с.; Т. 2 — 376 с.
14. *Перцик Е. Н.* Среда человека: предвидимое будущее / Е. Н. Перцик. — М. : Мысль, 1990. — 368 с.
15. Проблемы качества городской среды / под ред. Г. М. Лаппо и Т. В. Бочкаревой. — М. : Наука, 1989. — 192 с.
16. *Реймерс Н. Ф.* Природопользование / Н. Ф. Реймерс. — М. : Мысль, 1990. — 639 с.
17. *Сато С.* Реинжиниринг окружающей среды / С. Сато, Х. Кумамото. — СПб. : Бизнес-пресса, 2002. — 236 с.
18. Среда обитания человека, здоровье, работоспособность, методы оценки и анализа / [И. С. Асаенко, Е. В. Новиков, В. П. Филонов и др.] — Минск : Знание, 1997. — 85 с.
19. *Тетиор А. Н.* Экологическая инфраструктура / А. Н. Тетиор. — М. : МГУП, 2002. — 426 с.

20. *Тетиор А. Н.* Город и природа / А. Н. Тетиор. — М. : МГУП, 1996. — 230 с.

21. *Тетиор А. Н.* Архитектурно-строительная экология. Устойчивое строительство / А. Н. Тетиор. — Тверь : Тверское книжное изд-во, 2003. — 447 с.

22. *Черноушек М.* Психология жизненной среды / М. Черноушек. — М. : Мысль, 1989. — 174 с.

23. *Яницкий О. Н.* Экология города. Зарубежные междисциплинарные концепции / О. Н. Яницкий. — М. : Наука, 1989. — 240 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                   |   |
|-------------------|---|
| Предисловие ..... | 3 |
| Введение .....    | 5 |

## Глава 1

### Урбанизация и формирование городской среды

|  |    |
|--|----|
| 1.1. История создания среды городов и современные проблемы урбанизации планеты ..... | 10 |
| 1.2. Экологические основы урбанизации. Урбоэкология .....                            | 32 |
| 1.3. Экология городской среды — новая комплексная наука .....                        | 44 |

## Глава 2

### Среда города. Экологическая инфраструктура. Устойчивость среды жизни

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Социально-экологическая система городской среды .....    | 55 |
| 2.2. Негативные воздействия на городскую среду .....          | 59 |
| 2.3. Комфортность городской среды .....                       | 70 |
| 2.4. Экологические постулаты — базис формирования среды ..... | 78 |
| 2.5. Экологическая инфраструктура города и страны .....       | 85 |
| 2.6. Проблемы устойчивости городской среды жизни .....        | 98 |

## Глава 3

### Архитектурно-ландшафтная среда города

|  |     |
|--|-----|
| 3.1. Архитектурно-строительная экология .....                | 103 |
| 3.2. Устойчивая архитектура и устойчивое строительство ..... | 107 |
| 3.3. Восприятие городской среды жителем города .....         | 114 |
| 3.4. Архитектурно-строительная бионика .....                 | 120 |
| 3.5. Городские ландшафты .....                               | 125 |

## Глава 4

### Экологичные строительные материалы и среда

|   |     |
|---|-----|
| 4.1. Проблемы экологичности материалов. Цикл жизни и его оценка ..... | 134 |
| 4.2. Конструкционные материалы .....                                  | 146 |
| 4.3. Изоляционные материалы .....                                     | 149 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.4. Материалы для облицовки, кровли<br>и внутренней отделки ..... | 154 |
| 4.5. Краски, мебель .....  | 159 |

## Глава 5

### **Экологизация строительной площадки, зданий и инженерных сооружений**

|  |     |
|--|-----|
| 5.1. Экологизация территории строительной площадки .....               | 161 |
| 5.2. Экологичные здания .....  | 170 |
| 5.3. Подпорные и шумозащитные стены .....                              | 177 |
| 5.4. Берегоукрепительные и берегозащитные сооружения .....             | 181 |
| 5.5. Шоссе и другие инженерные сооружения .....                        | 184 |
| 5.6. «Умные» здания .....  | 185 |
| 5.7. Направления экологизации строительной площадки<br>и объекта ..... | 189 |

## Глава 6

### **Ресурсосбережение как средство формирования среды**

|   |     |
|---|-----|
| 6.1. Стратегии ресурсосбережения в городе с экологичной<br>средой ..... | 192 |
| 6.2. Энергосберегающие здания. Понятие об эксэргии .....                | 198 |
| 6.3. Энергоактивные здания .....  | 202 |
| 6.4. Экологичные водопотребление<br>и вентиляция .....                  | 217 |
| 6.5. Экологичное освещение .....  | 220 |

## Глава 7

### **Строительство, предусматривающее сохранение естественного ландшафта**

|  |     |
|--|-----|
| 7.1. Пути сохранения естественного ландшафта ..... | 222 |
| 7.2. Строительство на неудобьях .....              | 224 |
| 7.3. Подземное и полуподземное строительство ..... | 231 |
| 7.4. Надземное строительство .....                 | 241 |
| 7.5. Строительство на шельфе .....                 | 244 |

## Глава 8

### **Экологичное совершенствование городской среды**

|   |     |
|---|-----|
| 8.1. Сущность экологичного совершенствования .....                                    | 247 |
| 8.2. Экологичная реставрация нарушенных ландшафтов .....                              | 250 |
| 8.3. Экологизация производственных объектов .....                                     | 258 |
| 8.4. Экологичная реконструкция жилых зданий<br>и учебно-воспитательных объектов ..... | 265 |
| 8.5. Экологичная реконструкция инженерных сооружений .....                            | 271 |
| 8.6. Улучшение социально-психологической среды .....                                  | 273 |
| 8.7. Экологизация социально-экономической среды .....                                 | 275 |

Глава 9  
**Качество городской среды**

|  |            |
|--|------------|
| 9.1. Контроль и управление качеством городской среды .....               | 281        |
| 9.2. Индикаторы состояния и эволюции среды города .....                  | 288        |
| 9.3. Экологические экспертиза, паспортизация, сертификация .....         | 296        |
| 9.4. Система экологического образования<br>и воспитания .....            | 303        |
| Заключение .....   | 306        |
| <i>Приложение 1. Принципы создания экологичной городской среды .....</i> | <i>309</i> |
| <i>Приложение 2. Экологический словарь .....</i>                         | <i>314</i> |
| Список литературы .....  | 327        |

*Учебное издание*

**Тетюр Александр Никанорович**

**Городская экология**

**Учебное пособие**

3-е издание, стереотипное

Редактор *Е. М. Зубкович*

Технический редактор *Н. И. Горбачева*

Компьютерная верстка: *О. В. Пешкетова*

Корректоры *И. Н. Волкова, И. В. Могилевец*

Изд. № 103109871. Подписано в печать 25.07.2008. Формат 60×90/16.

Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.

Усл. печ. л. 21,0. Тираж 2000 экз. Заказ № 27022.

Издательский центр «Академия». [www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.004796.07.04 от 20.07.2004.

117342, Москва, ул. Бутлерова, 17-Б, к. 360. Тел./факс: (495) 330-1092, 334-8337.

Отпечатано в соответствии с качеством диапозитивов, предоставленных издательством в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат».

410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59. [www.sarpk.ru](http://www.sarpk.ru)



# Издательский центр «Академия»

*Учебная литература  
для профессионального  
образования*

**Наши книги можно приобрести (оптом и в розницу)**

**Москва** 129085, Москва, пр-т Мира, д. 101 в, стр. 1  
(м. Алексеевская)  
Тел./факс: (495) 648-0507, 330-1092, 334-1563  
E-mail: sale@academia-moscow.ru

**Филиалы: Северо-Западный**

198020, Санкт-Петербург, наб. Обводного канала,  
д. 211-213, литер «В»  
Тел.: (812) 251-9253, 252-5789, 575-3229  
Факс: (812) 251-9253, 252-5789  
E-mail: fspbacad@peterstar.ru

**Приволжский**

603005, Нижний Новгород, ул. Алексеевская, д. 24г и 24д  
Тел.: (8312) 18-1678  
E-mail: pf-academia@bk.ru

**Уральский**

620144, Екатеринбург, ул. Щорса, д. 92а, корп. 4  
Тел.: (343) 257-1006  
Факс: (343) 257-3473  
E-mail: academia-ural@mail.ru

**Сибирский**

630108, Новосибирск, ул. Станционная, д. 30  
Тел. / факс: (383) 300-1005  
E-mail: academia\_sibir@mail.ru

**Дальневосточный**

680014, Хабаровск, Восточное шоссе, д. 2а  
Тел. / факс: (4212) 27-6022,  
E-mail: filialdv-academia@yandex.ru

**Южный**

344037, Ростов-на-Дону, ул. 22-я линия, д. 5/7  
Тел. : (863) 253-8566  
Факс: (863) 251-6690  
E-mail: academia-rostov@skytс.ru

**Представительство в Республике Татарстан**

420094, Казань, Ново-Савиновский район,  
ул. Голубятникова, д. 18  
Тел. / факс: (843) 520-7258, 556-7258  
E-mail: academia\_kazan@mail.ru

**www.academia-moscow.ru**



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!  
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«АКАДЕМИЯ»

ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ  
СЛЕДУЮЩИЕ КНИГИ:

В. Н. ВИНОКУРОВ, Н. В. ЕРЕМИН

**СИСТЕМА МАШИН В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Объем 320 с.

В учебнике рассмотрены основные положения системы машин с учетом особенностей лесохозяйственного производства, принципы зональности применения средств механизации, технологические процессы производства основных лесохозяйственных работ и технологические комплексы машин. Освещены вопросы теории и практики комплектования лесохозяйственных агрегатов, составляющих систему машин; энергетические средства системы машин в лесном хозяйстве; способы определения потребности в агрегатах; организационные формы использования техники, входящей в систему машин; критерии оценки эффективности системы машин.

Для студентов высших учебных заведений.

В. Н. ВИНОКУРОВ, Г. В. СИЛАЕВ,

А. А. ЗОЛОТАРЕВСКИЙ

**МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ЛЕСНОГО  
ХОЗЯЙСТВА И САДОВО-ПАРКОВОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА**

Объем 400 с.

В учебнике рассмотрены устройство, регулировка, основные параметры и эксплуатация машин и механизмов лесного хозяйства и садово-паркового строительства. Изложена механизированная технология производства основных лесохозяйственных работ. Освещены вопросы использования машин с учетом рационального комплектования машинно-тракторных агрегатов и оптимизации состава машинно-тракторного парка, обобщен пере-

довой опыт использования машинной техники, учтена разработанная для лесного хозяйства новая система машин.

Для студентов высших учебных заведений. Может быть полезен работникам предприятий лесного хозяйства и садово-паркового строительства.

Е. Г. МОЗОЛЕВСКАЯ, Н. К. БЕЛОВА, Г. С. ЛЕБЕДЕВА,  
Т. В. ШАРАПА

## **ПРАКТИКУМ ПО ЛЕСНОЙ ЭНТОМОЛОГИИ**

Объем 288 с.

В учебном пособии излагается порядок проведения лабораторных занятий по следующим темам: классы типа членистоногие, строение тела насекомых, фазы и стадии развития насекомых, определение основных отрядов, подотрядов и семейств насекомых, типы повреждений, наносимых растениям насекомыми и растительноядными клещами, вредители плодов и семян, вредители корней, вредители молодняков и растений в питомниках, хвое- и листогрызущие вредители, стволовые насекомые и вредители древесины в постройках и сооружениях, вредители цветочных растений и газонных трав, насекомые-энтомофаги — хищники и паразиты, болезни насекомых.

Для студентов высших учебных заведений.

С. Н. СЕННОВ

## **ЛЕСОВЕДЕНИЕ И ЛЕСОВОДСТВО**

Объем 256 с.

В учебнике приведены сведения о природе леса и его значении, об экологии и географии леса, о динамичности лесных сообществ в целом и их отдельных компонентов. Изложены теория и практика лесного хозяйства, основные способы и приемы его ведения, рассмотрены современные проблемы в области лесоводства как в России, так и в других странах, методы их решения.

Для студентов высших учебных заведений.

Т. А. СОКОЛОВА

## **ДЕКОРАТИВНОЕ РАСТЕНИЕВОДСТВО. ДРЕВОВОДСТВО**

Объем 352 с.

В учебнике изложены экологические особенности древесных пород, принципы подбора ассортимента деревьев и кустарников для зеленого строительства, биологические основы формирования надземной части и корневых систем деревьев и кустарников. Рас-

смотрены проблемы выращивания пород разной категории по от-  
делам питомника, семенного и вегетативного размножения пород  
с указанием конкретных подвоев и привоев, а также вопросы об-  
работки почв и применения удобрений, организации питомника.

Для студентов высших учебных заведений. Может быть поле-  
зен специалистам по озеленению территорий, сотрудникам питом-  
ников декоративных деревьев и кустарников.

Т. А. СОКОЛОВА, И. Ю. БОЧКОВА  
**ДЕКОРАТИВНОЕ РАСТЕНИЕВОДСТВО.  
ЦВЕТОВОДСТВО**

Объем 432 с.

В учебнике рассмотрены биологические основы промышлен-  
ного цветоводства (защищенный грунт), биология, общие приемы и  
технология возделывания ведущих промышленных и перспектив-  
ных декоративных цветочных культур. Приведены способы раз-  
множения и особенности выращивания основных видов цветочных  
культур открытого грунта.

Для студентов высших учебных заведений. Может быть поле-  
зен тем, кто интересуется вопросами цветоводства.

Н. А. ХАРЧЕНКО, Ю. П. ЛИХАЦКИЙ, Н. Н. ХАРЧЕНКО  
**БИОЛОГИЯ ЗВЕРЕЙ И ПТИЦ**

Объем 384 с.

В учебнике показана функциональная роль зверей и птиц в  
лесных биогеоценозах. Описаны биология, систематика, экология,  
поведение, а также лесохозяйственное значение животных. Осве-  
щены вопросы охотоустройства, биотехнии, звероводства, спосо-  
бов добычи охотничье-промысловых видов как элемента комплек-  
сного лесопользования.

Для студентов высших учебных заведений.

Н. А. ХАРЧЕНКО, В. Е. РЫНДИН  
**ПЧЕЛОВОДСТВО**

Объем 368 с.

В учебнике изложены основные вопросы пчеловодства: мор-  
фоанатомия, биоэкология, породы и кормовая база пчелы медо-  
носной; продукты пчеловодства, их переработка и хранение; пче-  
ловодный инвентарь и пасечные постройки; конструкции ульев;  
организация и планирование лесного пчеловодства.

Для студентов высших учебных заведений.

# ГОРОДСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

ISBN 978-5-7695-5656-2



9 785769 556562

Издательский центр «Академия»  
[www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)