

А. Н. ТЕТИОР

АРХИТЕКТУРНО- СТРОИТЕЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

*Рекомендовано
Учебно-методическим объединением
по образованию в области строительства
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению 270100 «Строительство»*



Москва
Издательский центр «Академия»
2008

УДК 624(075.8)
ББК 38:20.1я73
Т37

Рецензенты:

ректор Университета Содружества Независимых Государств,
проф., д-р техн. наук, действительный член Академии водохозяйственных
наук *М. И. Фролов*;
проф. Московского государственного строительного университета (МГСУ),
д-р техн. наук, председатель секции «Экология и строительство»
НТО строителей РФ *А. В. Ферронская*

Тетиор А. Н.

Т37 Архитектурно-строительная экология : учеб. пособие для
студ. высш. учеб. заведений / А. Н. Тетиор. — М. : Издательский
центр «Академия», 2008. — 368 с.
ISBN 978-5-7695-3877-3

Приведены социально-природные основы архитектурно-строительной экологии: идеология и программы устойчивого развития и строительства городов; воздействия городов на природу; экосистема и метаболизм; экологический след жителя, города, страны; экологическая этика и экологизация потребностей жителей города; экологизация техники и технологий в городе. Описана связь архитектуры и экологии, рассмотрена архитектурная физика. Отмечена эффективность использования природных аналогий в архитектуре. Описано интенсивное полифункциональное использование территорий, его задачи и основные направления. Изложены концепция архитектурно-строительной экологии, концепция экологичного города будущего.

Для студентов высших учебных заведений. Может быть полезно инженерам-строителям, архитекторам, сотрудникам префектур.

УДК 624(075.8)
ББК 38:20.1я73

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

© Тетиор А. Н., 2008
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2008
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2008

ISBN 978-5-7695-3877-3

Архитектурно-строительная экология сформировалась как наука, а затем — и как практика проектирования и строительства, в последнем десятилетии XX в. в ответ на ускоренное развитие признаков глобального экологического кризиса, расползание городов и рост загрязнений городской среды. В настоящее время архитектурно-строительная экология — это новая отрасль науки на стыке градостроительства, архитектуры, строительства, экологии, этики, направленная на решение проблем экологизации зданий, кварталов, городов, стран в целях создания здоровой и красивой архитектурно-ландшафтной среды, поддержания и восстановления экологического равновесия застроенных и естественных территорий в масштабе города, страны, планеты одновременно с повышением качества городской среды, полного удовлетворения широкого круга экологически обоснованных потребностей жителей (в жилище, озелененном природном пространстве, благоприятной сенсорной среде и т. д.).

Города — это места сосредоточения основной массы жителей Земли, призванные удовлетворять их потребности и обеспечивать достаточно высокое, экологически обоснованное качество жизни, и вместе с тем это центры возникновения основных экологических проблем. Можно полагать, что города позитивны для природы при условии останковки их расползания, так как плотное расселение позволяет более надежно сохранить часть территории Земли в естественном состоянии; сокращаются транспортные расходы, затраты топлива и т. п. Поэтому города — это будущее человечества, а урбанизация при ее экологичности — не только неизбежное, но и в целом положительное для человека явление. Новая наука — архитектурно-строительная экология — направлена на решение задач экологизации любых городов: от небольших до мегаполисов.

Впервые в истории на глобальном экофоруме «Рио-92» человечество признало необходимость перехода мира, стран и городов на путь устойчивого развития, а специалисты: градостроители — архитекторы, строители — пришли к решению о возможности устойчивого проектирования и строительства городов и стран, которое поддерживало бы их устойчивое развитие. Для поддержки

устойчивого развития создано и стало развиваться устойчивое строительство. Внимание к строительству обосновано тем, что застроенная окружающая среда и строительная индустрия — это две ключевых области для достижения устойчивого развития. Устойчивое строительство — это экологичное строительство, в его круг входит множество задач: от экологических, градостроительных, архитектурных, строительных и до экономических, социальных.

В круг архитектурно-строительной экологии входят градостроительная экология, архитектурная экология, экологическая архитектурная физика, ландшафтная архитектура, строительная экология. В качестве важного раздела архитектурно-строительной экологии развивается градостроительная экология (урбоэкология), направленная на решение проблем взаимодействия развивающихся городов и систем расселения с природной средой с учетом возможных пределов и последствий изменений, вызываемых этим процессом, в целях экологизации систем расселения.

На решение экологических проблем застроенных территорий направлены три взаимодополняющие науки: урбоэкология, экологическая инфраструктура, ландшафтная архитектура. Экологические проблемы застроенных территорий в масштабе региона, города, квартала решает урбоэкология; высокое качество городской среды и прилегающей к городу территории поддерживает экологическая инфраструктура; ландшафтная архитектура помогает улучшению городской и прилегающей к городу среды с помощью ландшафтов. Эти науки объединяет экологический подход к решению проблем. Они направлены на проектирование систем расселения с учетом рационального взаимодействия человека и природы и обеспечения высокого качества среды.

Как раздел новой науки экологическая архитектура учитывает экологические особенности взаимодействия архитектурных объектов и природы и социально-экологические потребности жителей, она направлена на приближение людей к природе, избавление их от монотонности городского пространства, гиподинамии, на правильное распределение населения по площади, сохранение не менее 50 % пространства городов для зеленых насаждений, изолирование населения от трасс движения транспорта, создание условий для общения жителей и т. д.

Физические параметры, обеспечивающие комфортную внутреннюю среду, входят в состав экологичной архитектурной физики: архитектурная светология, климатология и акустика (звукология). Экологичная архитектурная физика направлена на экологизацию этих трех составляющих, воспринимаемых органами чувств: освещенности и цветности (благоприятно воспринимаемого цвета), внутреннего климата (температуры, влажности, движения воздуха), акустики (хорошо воспринимаемой звуковой среды). Эти параметры внутренней среды зданий должны быть эко-

логически обоснованы и приемлемы для человека. Они связаны с сенсорной экологией, экологией восприятия среды. Архитектурная климатология, светология, звукология направлены на выявление связей между условиями среды, архитектурой зданий и градостроительных образований и ощущениями человека. Знание этих связей позволит архитектору-экологу правильно оценить и учесть климатические, световые и звуковые воздействия, создать в формируемой среде зданий и города благоприятную экологическую обстановку, найти выразительную архитектурную форму, обусловленную природно-климатическими факторами участка строительства. В основе архитектурной климатологии, светологии и звукологии лежат типология архитектурных сооружений, общая климатология, гигиена, строительная физика, экономика, эстетика.

Городская ландшафтная экология занимается изучением экологических проблем формирования устойчивых (способных оставаться относительно неизменными в условиях разнообразных городских воздействий) городских ландшафтов, включающих в себя естественные и культурные ландшафты. Растительность как часть ландшафта в городе является одним из главных факторов поддержания высокого качества воздушной, водной, визуальной, звуковой, запаховой среды, поддержки городской фауны. Растительность является важнейшим компонентом архитектурно-ландшафтного облика города. В современном крупном городе важную роль начинает играть дополнительное озеленение: вертикальное озеленение стен, сады на кровле, на этажах, зимние сады на первых этажах и во внутренних помещениях, озелененные здания-холмы, озеленение всех инженерных сооружений.

Одним из актуальных направлений экологизации городов, построенных ранее на продуктивных ландшафтах или расширяющихся с вытеснением таких ландшафтов (лесов, полей, озер, рек, возвышенностей и т. п.) является сохранение естественного ландшафта и всех его компонентов: флоры, фауны, почвы, рельефа и т. п. Естественный ландшафт наиболее стоек в природно-климатических условиях региона, он сохраняет и поддерживает местную флору и фауну на большой территории, прилегающей к городу; он в течение длительного времени органично связан с потоками воздушных масс и воды, участвует в формировании этих потоков и климата, сам сформирован этими воздействиями. Поэтому сохранение естественного ландшафта относится к одной из важнейших задач архитектурно-строительной экологии. Один из реальных путей его сохранения — интенсивное полифункциональное использование городских территорий.

Как важнейший раздел архитектурно-строительной экологии строительная экология направлена на создание экологичных зданий и инженерных сооружений, т. е. на их соответствие постула-

там экологии, способность создавать здоровую и красивую внутреннюю и внешнюю архитектурно-ландшафтную среду, мягко взаимодействовать с природой, поддерживать экологическое равновесие и органично вписываться в природную среду (экосистемы), не быть отторгаемыми экосистемами, сохранять и восстанавливать природу и среду жизни, использовать природосберегающие и природовосстанавливающие решения, повышать эффективность использования ресурсов и преимущественно потреблять возобновимые ресурсы. Полностью экологичные здания и инженерные сооружения не должны требовать подвода внешних городских сетей для снабжения ресурсами (электричество, вода, газ, тепло и т.п.) и удаления отходов (канализация), т.е. они должны решать проблемы самообеспечения ресурсами и переработки отходов за счет инновационных архитектурно-строительных и технологических решений. Они не должны разрушать или загрязнять природную среду, более того, должны быть способны восстанавливать природу. Они должны быть приспособленными (биоадаптивными) для существования живой природы на наружных поверхностях зданий и внутри объемов сооружений, экономить ресурсы и не требовать для изготовления зданий невозобновимых ресурсов, не быть преградами на путях потоков веществ и энергии, не выделять не перерабатываемых природной средой загрязнений, создавать высокое качество жизни. Такие здания и инженерные сооружения позволяют в значительной степени вернуть природе часть территорий с почвенно-растительным слоем и создать новые дополнительные озелененные площади, а также сократить загрязнение среды. Это может помочь восстановить экологическое равновесие.

Для достижения наибольшего эколого-экономического и социально-экологического эффекта необходимо комплексное применение взаимодополняющих направлений экологизации градостроительства, архитектуры и строительства на всех территориальных уровнях: от страны и города до отдельных зданий, инженерных сооружений и квартир, для всего комплекса архитектурных и строительных решений (генеральный план, районная планировка, ландшафтная архитектура и озеленение, фасады и интерьеры зданий, конструкции, материалы, отделка и т.п.), для всех стадий строительного процесса — начиная от вариантного сравнения, проектирования, выбора технологий и заканчивая разборкой и возвратом материалов в производство, для всех городских технологий (индустрия, транспорт, энергокомплекс, индустрия отходов, городское сельское хозяйство и т.п.), для всех коммунальных технологий (электроснабжение, отопление, водоснабжение, канализация, кондиционирование, удаление отходов и т.п.). Комплексное использование положений архитектурно-строительной экологии на практике требует одновременного анализа мно-

жества факторов, оно связано с необходимостью крупных и принципиальных комплексных изменений в существующих технологиях и формировании нового мышления специалистов: градостроителей, архитекторов и строителей.

Необходимо одновременно и в комплексе учесть экологические требования в градостроительстве, архитектуре, строительстве, создании городских ландшафтов, индустрии, транспорте, энергетике, управлении отходами. Эти требования касаются внешней городской среды (чистота воздуха, почв, вод, состояние флоры и фауны, визуальная и акустическая среда), внутренней среды зданий (чистота атмосферы, внутренний климат, тепловой и акустический комфорт, солнечная облученность, визуальная среда и т.п.), экологизации всех городских технологий и экологичного использования ресурсов в городе (экономия энергии, возобновимая энергия, вода, экологичные материалы с учетом возврата в цикл, полифункциональное использование территории). Интенсивное полифункциональное использование земли, когда городская земля используется более интенсивно для множества функций и в разное время дня, предполагает достижение более высокого качества местной окружающей среды. Многие разделы архитектурно-строительной экологии направлены на решение проблем полифункционального использования территорий, например озеленение поверхностей зданий и сооружений, грунтозаполненные конструкции, объединение зданий и установок для утилизации возобновимой энергии. Вместо того чтобы занимать дополнительные территории для озеленения, размещения солнечных батарей и гелиоколлекторов, новых зданий и инженерных сооружений, озеленение и прочие экологичные дополнения и устройства объединяют со зданиями и сооружениями, а некоторые здания размещают в подземном или надземном пространстве, освобождая поверхность земли для выполнения естественных функций природного ландшафта.

Застроенная среда является главной ценностью большинства стран. Поэтому одну из основных ролей в обеспечении устойчивого развития городов и стран и создании высокого, экологически обоснованного качества жизни, устойчивой среды жизни с помощью архитектурно-строительной экологии призваны играть строители (градостроители, архитекторы, конструкторы, производственники, эксплуатационники). Перед специалистами: архитекторами и строителями — стоят две важнейшие задачи: создать высокое качество жизни и одновременно обеспечить экологичность городов, снизить поступление загрязнений в среду и достичь экологического равновесия между городами и природой.

Положения архитектурно-строительной экологии во многом проверены на практике в разных регионах мира, их эффективность доказана при возведении отдельных зданий, кварталов и районов городов.

СОЦИАЛЬНЫЕ И ПРИРОДНЫЕ ОСНОВЫ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ

1.1. Идеология устойчивого развития. Повестка дня XXI в. и устойчивое строительство города

Человечество издавна задумывалось над возможностью создания здоровых городов. Но только в конце XX в. как ответ на развитие глобального экологического кризиса начались крупные исследования по урбоэкологии и строительной экологии. Конференция ООН по окружающей среде и развитию, прошедшая в Рио-де-Жанейро в июне 1992 г., привлекла внимание к устойчивому развитию мира, отдельных стран и городов. Конференция показала, что социально-экономическое развитие и окружающая среда не могут больше рассматриваться изолированно, здоровое общество и экономика невозможны в мире с постоянным ухудшением окружающей среды. Была принята одобренная всеми участниками «Повестка дня — XXI» («Программа действий на XXI в.»), которая призвала все страны и города сделать их развитие устойчивым. Устойчивое развитие означает обеспечение потребностей живущих людей, не лишая будущие поколения возможности удовлетворять свои потребности; согласование образа жизни с экологическими возможностями региона; определенные ограничения в эксплуатации природных ресурсов, связанные со способностью биосферы Земли справляться с последствиями человеческой деятельности; согласование роста численности населения Земли с производительным потенциалом экосистемы.

Концепция устойчивого, или выдерживаемого природой, развития создана впервые в истории и поэтому требует экологичной переориентации мышления и деятельности человека. На форуме «Рио-92» была также принята декларация по окружающей среде и развитию, содержащая следующие важные положения:

- люди имеют право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой;
- развитие не должно осуществляться во вред интересам будущего развития и окружающей среде на благо нынешних и будущих поколений;
- государства имеют суверенное право разрабатывать свои ресурсы без ущерба природе внутри государств и за пределами их границ;
- государства должны сотрудничать в целях сохранения, защиты и восстановления экосистемы Земли; делиться знаниями и технологиями для достижения устойчивого развития;

- защита природы должна быть неотъемлемой частью процесса развития;
- государства должны принять меры для охраны природы, разработать международное законодательство о компенсации за ущерб природе, ликвидировать неэкологичные виды производства и потребления;
- тот, кто загрязняет природу, должен нести ответственность за это;
- мир, устойчивое развитие и охрана природы неразделимы.

По заключению конференции, современная структура производства и потребления не обеспечивает устойчивое развитие и является одной из основных причин деградации природы. С одной стороны, в мире существуют богатые страны, которые используют недопустимо большое количество ресурсов и ведут в этом смысле расточительный образ жизни, и, с другой стороны, бедная часть человечества не имеет возможности удовлетворить минимальные первоочередные потребности в питании, здравоохранении, жилище и образовании. Рост населения мира и расширяющееся производство ведут к возрастанию нагрузки на почву, воздух, воду, энергию и т. д. Стратегия устойчивого развития предусматривает решение комплекса проблем, связанных с ростом населения, здоровьем экосистем, доступом к ресурсам и их сохранением.

Следует отметить, что не все изложенные проблемы одинаково актуальны для всех государств, в том числе для России. Например, в России необходим рост населения с учетом ее огромной территории (в настоящее время наблюдается сокращение роста и для его преодоления государство принимает ряд мер); в России сохранились большие природные территории, практически не подвергшиеся техногенным воздействиям, и т. д.

В «Повестке дня — XXI» подчеркивается, что создание устойчивых поселений — одна из важнейших задач человечества, учитывая, что половина населения мира живет в городах, во многих из которых проявляются симптомы экологического и экономического кризиса. Необходимы национальные программы создания устойчивых поселений: начиная от доступного и достойного жилья, снабжения чистой водой, снижения загрязнений от транспорта и промышленности и заканчивая энергосбережением, системой уборки, утилизации и сокращения отходов и поощрением экологичного транспорта и пешеходного движения и т. д. В целях достижения устойчивого развития страны должны содействовать разработке законодательств и стратегий такого развития, перейти во всех областях деятельности от раздельного рассмотрения экономических, социальных и экологических факторов к их объединению в единое целое, во всех программах учитывать роль окружающей среды как источника природного капитала и поглотителя отходов.

Стратегии устойчивого развития должны предусматривать решение комплекса проблем, связанных с сохранением и восстановлением разрушенных экосистем, изменением технологий и доступа к ресурсам, учетом неравномерного распределения богатств и неравномерным ростом населения Земли. В каждой стране должно быть выработано представление о возможностях по жизнеобеспечению населения (способности имеющейся базы природных ресурсов удовлетворять потребности людей и не истощаться при этом). Особое внимание должно быть уделено жизненно важным ресурсам: воде, земле, — а также экологическим факторам — здоровью людей и биологическому разнообразию экосистем.

В программах строительства должен быть сделан упор на использование местных материалов, энергетически эффективные здания, экологически чистые материалы, доступность жилья для бедных и бездомных и одновременно — на улучшение условий жизни. Нужны программы поощрения энергосберегающих и основанных на возобновимых источниках энергии технологий, поддержки развития небольших городов в целях ограничения разрастания крупных городов. Важно строить и развивать поселения в местах наименьшего риска ущерба от стихийных бедствий (ураганы, наводнения, землетрясения, оползни). С тревогой отмечается большой процент жителей трущоб в ряде городов мира, подчеркивается необходимость обеспечения доступа всех людей к земле, кредитам и дешевым строительным материалам. Развитые страны и крупные города, а также крупные регионы, объединяющие ряд городов, приступили к осуществлению программ устойчивого развития. Обычная программа устойчивого развития города включает в себя следующие разделы.

1. Экологические советы (требования) к руководству.
2. Экологические советы (предложения) гражданам.
3. Повышение качества воздуха и воды.
4. Сбережение энергии. Производство энергии. Возобновимая энергия.
5. Ландшафты (в том числе городские ландшафты).
6. Отходы. Сокращение, переработка, хранение.
7. Повторное использование отходов, очистка.
8. Экономическое развитие с учетом интересов природы.
9. Транспорт. Экологичный транспорт.
10. Природоохранные технологии.
11. Действия местного управления.
12. Реклама природоохранной деятельности.
13. Возможными дополнениями плана устойчивого развития являются:

- экореконструкция (города, завода, энергокомплекса и др.);
- восстановление свойств почв;
- восстановление всех компонентов ландшафтов;

- материалы (использование возобновимых и широко представленных в земной коре материалов);
- экологичная конверсия;
- экомониторинг;
- экологическое образование и воспитание;
- предохранение от природных (землетрясения, оползни, наводнения, сели и др.) и социальных катастроф.

Перечень вопросов, заложенных в программе устойчивого развития, показывает ее интегральный характер. Она бессрочна и позволяет объединять тактические и стратегические проблемы экологизации всей деятельности, сохранения и восстановления природной среды, рационального использования ресурсов, повышения качества жизни с учетом обеспечения интересов будущих поколений. После этой программы было разработано несколько новых концепций, которые дополняют стратегию устойчивого развития. Одним из реальных направлений сохранения природной среды является теория «природного пространства». Приближенный расчет объема этого пространства был выполнен группой исследователей из Нидерландов с учетом следующих исходных данных.

1. Не потреблять больше невозобновимых ресурсов, чем это следует из сохранения природной среды и ненанесения ей серьезного ущерба.

2. Использовать невозобновимое сырье только в замкнутых циклах.

3. Допускать только такой объем загрязнений, с которым может справиться окружающая природная среда.

4. Решать проблемы загрязнений вблизи источника их возникновения.

5. Избегать неоправданного риска.

При использовании этих положений можно сохранить достаточно высокое качество жизни не за счет других стран. Исследователи рекомендовали для решения энергетических проблем сокращать выбросы CO_2 , заменять современные источники энергии на экологически безвредные, применять высокие технологии, пересаживаться из личных машин в общественный транспорт и пр. Предусмотрены меры по экономии энергии для отопления зданий, сокращению потребления невозобновимых ресурсов и снижению до экологически допустимого объема добычи металлов, особенно опасных для природы и человека; предлагается использовать замкнутые циклы (в том числе замену первичных сырьевых материалов вторичными), отказаться от одноразовых упаковок и тары, увеличить сроки эксплуатации товаров, избирательно заменять ископаемые невозобновимые ресурсы возобновимыми. В результате применения идеи «природного пространства» будут получены изменения в характере производства и потребления для

Нидерландов (табл. 1.1). В итоге 95 % невозобновимых ресурсов будут постепенно включены в замкнутые циклы, теряться будут только 5 %; за счет повышения качества будут увеличены сроки использования товаров, будет достигнута замкнутость технологических циклов для материалов, снижены затраты энергии на отопление и транспорт.

Для поддержки устойчивого развития возникло и стало развиваться устойчивое строительство. Внимание к строительству обосновано тем, что застроенная окружающая среда и строительная индустрия — это две ключевых области для достижения устойчивого развития. Строительная промышленность каждой страны является основой ее социально-экономического развития. Например, в Европе здания потребляют более 40 % всей энергии, а строительная отрасль производит приблизительно 40 % всех искусственных отходов. Строительная отрасль Европы — крупнейшая отрасль, дающая приблизительно 11 % ВВП, в ней заняты более 25 млн работников. Устойчивое строительство — это экологичное строительство. В его круг входит множество проблем — от экологических, градостроительных, архитектурных, строительных и до экономических, социальных. Можно выделить следующие направления разработок и исследований в устойчивом строительстве.

1. Создание устойчивых (жизнеспособных) городов.
2. Проектирование новых экологичных зданий.
3. Устойчивое использование энергии. Возобновимая энергия.
4. Экологичные строительные материалы. Инструменты и системы для выбора строительных материалов.
5. Создание индикаторов устойчивого проектирования и строительства. Оценка цикла жизни.

Устойчивое строительство направлено на решение проблем растущих городов, создавших основные экологические проблемы планеты, связанные с вытеснением природной среды и ростом ее загрязненности. В течение одного — трех веков многие города выросли из небольших поселений в мегаполисы с населением до

Таблица 1.1

Экологическое пространство для Нидерландов

Ресурс	2000 г.	К 2010 г.	% сокращения
Энергия (годовой выброс CO ₂), т	11	4,3	60
Пресная вода, л/день	130	80	38
Алюминий, кг/год	10... 12	2	80
Сельскохозяйственные земли, га	0,45	0,25	45
Древесина, м ³ /год	161	104	65

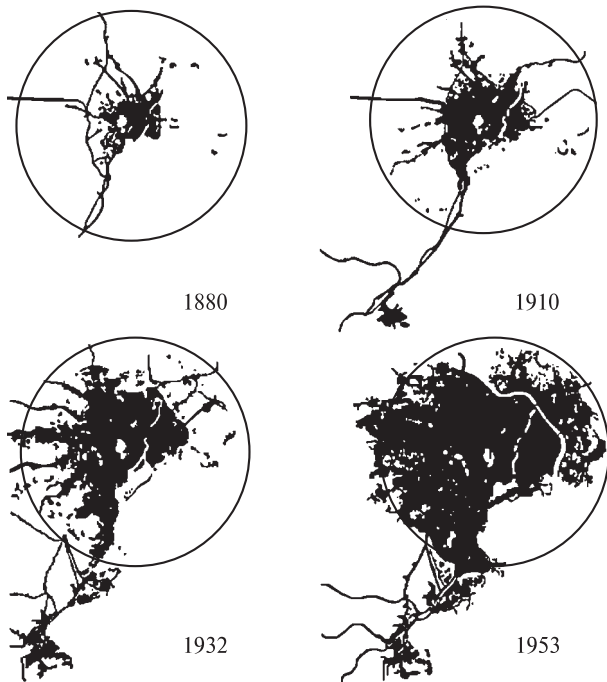


Рис. 1.1. Быстрый рост Токио: круг — условная современная граница

10 млн жителей (рис. 1.1). Застройка больших территорий привела к негативным последствиям:

- отступление природной среды при расширяющейся застройке и невозможность сохранения экологического равновесия;
- загрязнение территорий, негативно влияющее на здоровье человека и состояние природы в городах;
- увеличивающийся разрыв между жителями городов и естественной природной средой, ее замена на искусственную городскую среду;
- растущее разобщение жителей городов вследствие возведения высоких зданий, индивидуализации жилищ, отсутствия мест для общения и т. п.);
- гигантизм в зданиях и сооружениях, увеличивающий отрыв жителей от естественной среды. Рост городов и высоты отдельных зданий (рис. 1.2);
- отторжение искусственных объектов природой, их отличие от негэнтропийных объектов живой природы, включаемых в экосистемы;
- создание непреодолимых разрывов в естественных ландшафтах, границ для миграции животных, для распространения растений;



Рис. 1.2. Рост высоты и переуплотненности городов: Гонконг

- неэкономное использование при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений невозобновимых ресурсов, естественных технологий; незначительное использование экономичных конструктивных и технологических решений, энергоэкономичных и энергоэффективных зданий;

- расползание городов, низкая плотность застройки (рис. 1.3); отсутствие стремления к сбережению поверхности земли и почвенно-растительного слоя при застройке, предохранению почвенно-растительного слоя от герметичного покрытия, ведущего к омертвлению ландшафта;

- бионегативность поверхностей зданий и сооружений в городе, отторжение этими поверхностями (бетон, сталь, стекло и т. п.) живой природы, отсутствие специальных ниш, укрытий для живой природы в городе;

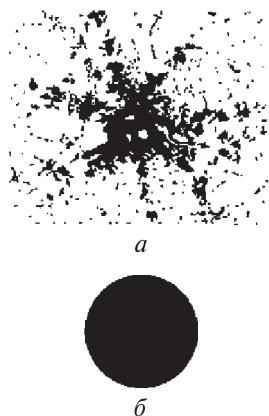
- неэкономное отношение к возобновимым ресурсам: воде, воздуху, — к сокращению отходов, повторному использованию и применению более долговечных, не требующих быстрой замены материалов и изделий;

- отсутствие планируемого движения к созданию здоровых и красивых городов, способствующих созданию здоровой среды;

- несогласованность потребностей жителей с возможностями природно-ресурсного потенциала территорий, отсутствие их экологизации;

- недостаточное число экологических, красивых и здоровых городов, которые воспитывали бы жителей своей средой и позитив-

Рис. 1.3. Расползание городов: реальный план Берлина (а) и малая эквивалентная площадь застройки (б)



но воздействовали бы на них подобно красивой естественной природной среде.

Экологические проблемы городов подчеркиваются тем, что в растущих городах разных стран мира наблюдается существенное различие в степени удовлетворения потребностей, качестве жизни (табл. 1.2).

Принятие «Повестки дня — XXI» и «Повестки дня XXI в. по устойчивому строительству» является принципиально новым шагом в направлении экологизации городов. Но в осуществлении устойчивого развития выявились крупные проблемы.

1. Необходимо разработка фундаментальной теории устойчивого развития, пригодной для множества стран с разным уровнем развития. Необходима некоторая переориентация устойчивого развития: это развитие, выдерживаемое природой, а не сохранение природы, жизненно необходимой человеку, без которой он не сможет выжить.

2. Необходимо становление новой системы ценностей для воспитания новых человеческих качеств: духовных, этических, философских, социальных, эстетических, политических, культурных и пр.

3. Нужно, чтобы человечество справилось с войнами, неравенством, бедностью, так как устойчивое развитие в условиях войн и неравенства, бедности и голода, отсутствия крова над головой у одних и потребление сверх всяких норм у других невозможно. Человечество должно разработать новые замкнутые (природоподобные) технологии, которые должны прийти на смену существующим технологиям.

Эти проблемы настолько велики, что некоторые исследователи считают невозможным достижение состояния глобального устойчивого развития. Предыдущий опыт человечества показывает, что оно может перейти к состоянию балансирующего развития, когда по мере приближения к кризису новая система взаимоотношений между странами, новые технологии, современная система коммуникаций помогут своевременно выйти из него. Но в мировой практике постоянно развивается экологичное строительство, направленное на создание достойного, высокого, экологически обоснованного уровня жизни в городах.

Рост городов и неравное качество жизни

Город	Число жителей в 1990—2000 гг., млн чел.	Число человек на помещение	% заработка, идущего на питание	% домов с водопроводными сетями	Число телефонов на 100 жителей	Число смертей на 100 тыс. новорожденных	Число убийств на 100 тыс. жителей	% детей в средних школах	Уровень шума (1...10)
Токио, Йокогама	23,4...24,2	0,9	18	100	44	5	1,4	97	4
Мехико	20,2...25,6	1,9	41	94	6	36	27,6	62	6
Нью-Йорк	16,2...16,8	0,5	16	99	56	10	12,8	95	8
Шанхай	13,4...17,0	2,0	55	95	4	14	2,5	94	5
Лос-Анджелес	11,9...13,9	0,5	0,9	94	35	9	12,4	90	6
Калькутта	11,8...15,7	3,0	60	60	2	46	1,1	49	4
Буэнос-Айрес	11,5...12,9	1,3	40	86	14	21	7,6	51	3
Бомбей	11,2...15,4	4,2	57	85	5	59	1,1	49	5
Сеул	11,0...12,7	2,0	34	100	22	12	1,2	90	7
Пекин	10,8...14,0	1,2	52	89	2	11	2,5	97	4
Рио-де-Жанейро	10,7...12,5	0,8	26	92	8	40	36,6	55	7
Лондон	10,4...10,5	0,6	14	100	50	10	2,5	58	8
Джакарта	9,3...13,7	3,4	45	45	3	45	5,3	77	6
Москва	8,8...9,0	1,3	33(?)	100	39	20	7,0	100	6
Дели	8,8...13,2	2,4	40	40	5	40	4,1	49	5

1.2. Экосистема и метаболизм. Воздействия городов на природу. Экологический след жителя, города, страны

Города, отдельные здания и инженерные сооружения влияют на природную среду и на человека с начала их возведения и вплоть до окончания функционирования, а иногда — и после этого. После окончания жизненного цикла брошенные или разрушенные здания какое-то время занимают территорию земли, пока не будут освоены и переработаны экосистемой. Скорость освоения зависит от климата и биологической продуктивности местных экосистем: так, быстрее всего этот процесс происходит в условиях теплого климата, продуктивных экосистем и медленнее — в холодном климате, в условиях вечной мерзлоты.

Большую роль в экологическом взаимодействии города и природы играет экологическая система (экосистема) — совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых совместно обитающих различных видов организмов и условий их существования. Все экологические системы существуют длительное время, иногда сотни лет, причем отдельные популяции увеличиваются, численность других уменьшается, но система находится в равновесии. Это состояние подвижно-стабильного равновесия экосистемы — *гомеостаз* («гомес» — тот же, «стазис» — состояние) — 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 нужно поддержание гомеостаза человеком. Например, любой поселок, город пока не может утилизировать все отходы, не может обеспечить замкнутый цикл любых производств, жилых зданий: во всех случаях требуется вмешательство человека для удаления и утилизации отходов, притока энергии и т. д. Этим город принципиально отличается от природной системы.

В экосистемах жизненный цикл замкнут: первичное органическое вещество образуется в процессе фотосинтеза зелеными растениями, поглощающими солнечную энергию. Благодаря растениям поддерживается стабильный газовый состав атмосферы. Растения ежегодно запасают в результате фотосинтеза энергию около $20,9 \cdot 10^{22}$ кДж. Помимо растений бактерии также могут синтезировать органическое вещество из диоксида углерода, который восстанавливается за счет молекулярного водорода или водорода из сероводорода и неорганического вещества. Животные не могут аналогично растениям синтезировать вещество из солнечной энергии, они используют эту энергию через вещество растений.

В экосистеме (биогеоценозе) первичное органическое вещество последовательно передается от одних живых организмов к другим по трофической цепи (от гр. «трофе» — питаюсь). В ее начале, в первом звене, расположены растения, питающиеся солнечной энергией (автотрофы) и создающие первичное органическое вещество (продуценты). Далее, во втором звене, — организмы, питающиеся растениями и называемые *гетеротрофы* (питаемые другими), или *консументы* (от лат. «консумо» — потребляю). В третьем звене — вторичные консументы, плотоядные животные, использующие животные белки. Иногда есть консументы третьего порядка, питающиеся вторичными консументами. Во всех звеньях образуются отходы: листья, отмирающие организмы, отбросы и др. Они поступают в звено редуцентов (от лат. «редукцио» — возврат), состоящее из бактерий, грибов, мелких беспозвоночных и др. Они разлагают все органические остатки до минеральных веществ, %:

Кислород	45
Водород.....	42
Азот	6,5
Вода с кальцием, кремнием, калием, фосфором	1,5

Так энергия Солнца передается по трофической цепи.

В соответствии со вторым законом термодинамики процесс непрерывной передачи энергии по трофической цепи сопровождается ее рассеиванием, потерями, ростом энтропии, компенсируемым поступлением солнечной энергии. В экосистемах создается и расходуется органическое вещество, поэтому продуктивность систем — это скорость образования вещества. При передаче от каждого предыдущего звена к последующему звену теряется около 90...99 % энергии. Природный метаболизм (обмен веществ), совокупность процессов ассимиляции и диссимиляции как основная особенность живых организмов может быть эффективно использован в экологичной архитектуре и в строительстве.

Городские экосистемы характеризуются совершенно измененным потоком веществ и энергии по сравнению с природными. Потребление природной продукции носит характер искусственно регулируемого производства, только частично вписывающегося в природный поток энергии. В естественные потоки поступают производимые городом загрязнения, а блок редуцентов полностью или частично теряет свою роль. В городах резко возрастает произведенная человеком и выброшенная в окружающую среду энергия, растут загрязнения среды, в том числе и не известные ранее природным системам. Таким образом, по мере роста урбанизированных территорий привычный для природы поток энергии в пищевой цепи заменяется техногенным потоком энергии и веществ.

Все вещества в природе находятся в биохимическом круговороте — большом (геологическом) и малом (биотическом). В большом круговороте, длящемся миллионы лет, участвуют горные породы, которые выветриваются, сносятся в моря и океаны, образуя напластования, и в процессе перемещения морей, океанов, материков могут снова возвратиться на сушу, где подвергаются выветриванию.

В малом круговороте, являющемся частью большого, участвуют питательные вещества почвы, вода, углерод, которые используются растениями и животными — консументами; далее продукты распада органического вещества разлагаются почвенной микрофлорой и мезофауной до минеральных компонентов и снова поступают в растения. Этот круговорот называется *биогеохимическим циклом*, или *экоциклом*. Природные циклы замкнуты и дают минимум отходов в виде накапливаемых осадочных пород, полезных для природы. Городские экоциклы не замкнуты, они дают много отходов.

В большом и малом круговороте участвуют углерод, кислород, азот, фосфор, вода и другие элементы и соединения. Биогенные элементы принимают участие в малом круговороте на уровне биогеоценоза, поэтому от осуществления круговорота зависит функционирование и продуктивность экосистем. Антропогенные воздействия приводят к вмешательству в процесс круговорота вплоть до полного изменения его скорости и содержания веществ.

Природная экосистема устойчиво функционирует при постоянном взаимодействии составляющих ее элементов, круговороте веществ, передаче химической, энергетической, генетической и другой энергии и информации по цепям-каналам. Устойчивость экосистем обеспечивается обратной связью между ее элементами, заключающейся в использовании получаемых данных от управляемых компонентов экосистем для внесения коррективов управляющими компонентами в процесс. Принцип обратной связи позволяет поддерживать равновесие.

Любое вмешательство в эти естественные процессы, например в результате урбанизации, нарушает сложившееся тысячелетиями равновесие.

Антропогенные и природные ландшафты тесно взаимосвязаны, поэтому сельская и промышленность городов оказывают большое влияние на природный ландшафт. Человек воздействует на биосферу, изменяя состав, круговорот и баланс веществ; тепловой баланс Земли; структуру земной поверхности (в результате застройки, строительства искусственных водоемов, мелиорации и т. п.); истребляя и перемещая в новые места обитания виды животных и растений; создавая их новые породы.

В конце XX и начале XXI в. появились отчетливые тенденции экспоненциального роста антропогенных воздействий на природу

Земли. О кризисном состоянии Земли свидетельствуют различные графики (рост населения, рост площади урбанизированных территорий, энергопотребления и др.), которые от спокойного и медленного роста в течение многих столетий перешли в последние годы к резкому росту и опасному своей непредсказуемостью экспоненциальному характеру (рис. 1.4).

Негативные воздействия городов на природу таковы.

1. Загрязнения (внесение в среду нехарактерных для нее новых физических, химических или биологических агентов или превышение имеющегося естественного уровня этих агентов). Загрязнения подразделяются на ингредиентное (механическое, химическое, биологическое); физическое; деструктивное для ареала; биоценотическое; эстетическое (визуальное).

2. Технические преобразования и разрушения природных систем и ландшафтов (при урбанизации, добыче природных ресурсов и т. п.); они опасны, так как ведут к изменению основы ландшафта.

3. Исчерпание природных ресурсов.

4. Глобальные изменения климата в связи с деятельностью человека.

5. Эстетические воздействия (изменение природных форм, возведение объектов, неблагоприятных для визуального и другого восприятия).

Во второй половине XX в. в условиях экспоненциального демографического роста был сделан прогноз о возможности полной урбанизации суши и заполнения ее слившимися между собой по-

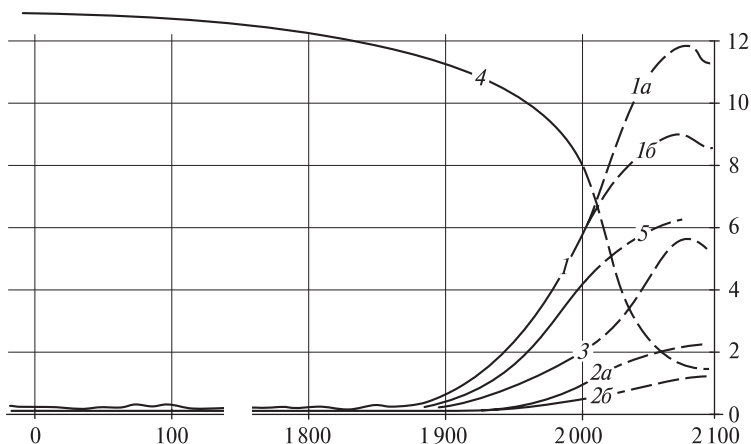


Рис. 1.4. Экспоненциальные графики:

1 — демографического роста (1a, 1б — варианты); 2 — роста урбанизированных территорий (2a, 2б — варианты); 3 — исчезновения видов; 4 — потребления невозобновимых ресурсов; 5 — поступления загрязнений