

А. В. Мананков

УРБОЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОСФЕРА

**УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ ДЛЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО
БАКАЛАВРИАТА**

*Рекомендовано Учебно-методическим отделом высшего образования в качестве
учебника и практикума для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по естественнонаучным и инженерно-техническим направлениям*

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва ■ Юрайт ■ 2018

УДК 504.06(075.8)
ББК 20.1я73
М23

Автор:

Мананков Анатолий Васильевич — профессор, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры динамической геологии геолого-географического факультета Томского государственного университета, профессор кафедры охраны труда и окружающей среды дорожно-строительного факультета Томского государственного архитектурно-строительного университета.

Рецензенты:

Парначев В. П. — доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой динамической геологии геолого-географического факультета Томского государственного университета;

Владимиров В. М. — кандидат химических наук, доцент кафедры охраны труда и окружающей среды дорожно-строительного факультета Томского государственного архитектурно-строительного университета.

Мананков, А. В.

М23 Урбоэкология и техносфера : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. В. Мананков. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 494 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс).

ISBN 978-5-534-06909-9

В учебнике с позиции системного анализа открытых систем и биосферной концепции рассмотрены научные основы и методы решения теоретических и практических задач в области современных проблем георурбанистики и пределов техносферы. Изложены проблемы трансформации компонентов экосистем и глобальной биосферы под воздействием ускоряющейся урбанизации и методы их изучения, мониторинга, моделирования и системного анализа. На фоне отсутствия необходимой законодательной базы федерального уровня представлены разработанные научные пути проектирования инновационного экологического градостроительства с учетом динамики техносферы, мирового опыта градостроительства и сохранения здоровья людей.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным и техническим направлениям, в том числе направлениям подготовки «Техносферная безопасность и природообустройство», «Промышленная экология и биотехнологии», «Геология», «Землеустройство и кадастры» и «Строительство».

УДК 504.06(075.8)

ББК 20.1я73



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-06909-9

© Мананков А. В., 2018

© ООО «Издательство Юрайт», 2018

Оглавление

Принятые сокращения.....	9
Предисловие	11
Введение.....	15

Раздел I

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ЭКОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УРБОСИСТЕМ И ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ

Глава 1. Города и урбанизация на современном этапе развития ...	34
1.1. История динамики урбанизации	34
1.2. Техногенез — как один из главных геологических процессов.....	40
1.3. Загрязнение окружающей среды	42
1.4. Глобальные техногенные аномалии.....	46
1.5. Городские и локальные техногенные аномалии	49
1.6. Геоэкологические проблемы городов	50
1.7. Системный подход к экологии техносферы.....	61
Выводы	63
Вопросы и задания для самоконтроля	64
Глава 2. Геологическая среда техносферы и ее экологические функции.....	65
2.1. Геоэкологические факторы	66
2.2. Экологические функции геологической среды и их трансформация....	86
Выводы	95
Вопросы и задания для самоконтроля	96
Глава 3. Критерии оценки и типы нормирования качества урбанизированных территорий	97
3.1. Методология изучения трансформации геологической среды и урбосистем	97
3.2. Критерии оценки и степени трансформации геологической среды и экологической безопасности	101
3.3. Нормирование качества окружающей среды для урбоэкологии и техносферы	106
3.4. Санитарно-гигиенические нормативные критерии	106
3.5. Производственно-ресурсное нормирование.....	119
3.6. Экосистемное нормирование	119
3.7. Основные механизмы экологического нормирования.....	121

3.8. Нормативы выбросов	123
3.9. Нормативы сбросов	125
3.10. Нормативы предельного размещения отходов	127
3.11. Экологический паспорт природопользователя	130
3.12. Критерии экологического состояния территорий и здоровья населения	131
3.13. Критерии оценки экологических функций геологической среды и ландшафтов под воздействием техногенных факторов	141
3.14. Медико-демографические показатели и критерии оценки здоровья населения	148
3.15. Принципы и концепции комплексного геоэкологического анализа состояния территории и компонентов экосистем	149
Выводы	151
Вопросы и задания для самоконтроля	152

Раздел II

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И САМООРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Глава 4. Геоэкология природно-техногенных геосистем155

4.1. Развитие цивилизаций, урбанизация и концепция экологической парадигмы	155
4.2. Диалектика взаимодействия общества и природы	161
4.3. Демографические проблемы ПТС	183
Выводы	184
Вопросы и задания для самоконтроля	185

Глава 5. Мировоззренческие основы и научные направления урбоэкологии и ПТС186

5.1. Основные типы цивилизаций	186
5.2. Восток и Запад: детерминизм противостояния	187
5.3. Обобщенная модель развития цивилизации, ее последствия для России	190
5.4. Интеграция мирового хозяйства	192
5.5. Мировоззренческие и научные основы изучения ПТС и урбосистем.....	194
5.6. Концептуальные модели ПТС	199
5.7. Надежность и устойчивость ПТС	209
5.8. Основные свойства урбанизированных зон и ПТС с позиции геологической истории биосферы	211
Выводы	212
Вопросы и задания для самоконтроля	212

Глава 6. Термодинамика и моделирование открытых урбосистем и ПТС213

6.1. Система в термодинамике и ПТС в урбоэкологии	213
6.2. Термодинамика необратимых процессов в ПТС	216
6.3. Виды устойчивости диссипативных систем	223
6.4. Основы моделирования сложных систем	227
6.5. Воздействия урбанизированных зон на окружающую среду ПТС.....	240

6.6. Антропогенное воздействие	242
6.7. Техногенные воздействия	244
6.8. Интегральное воздействие	246
Выводы	249
Вопросы и задания для самоконтроля	250

Раздел III

ИННОВАЦИИ И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ НА ПУТИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ

Глава 7. Интегральные риски ПТС и техносферы. Принципы и методы расчета..... 252

7.1. Сущность и типология глобальных проблем	252
7.2. Экологические и геоэкологические риски и опасности ПТС и урбосистем	256
7.3. Анализ и менеджмент риска	260
7.4. Оценка интегрального риска опасных геоэкологических процессов при проектировании и строительстве сооружений.....	262
7.5. Методики расчета интегрального риска ЭГП при строительстве инженерных объектов	267
7.6. Экономические аспекты методики определения интегрального риска ЭГП.....	271
Выводы	272
Вопросы и задания для самоконтроля	272

Глава 8. Стадии эволюции территориальной структуры городов и принципы ее устойчивого развития.....273

8.1. Специфические свойства урбанизированных экосистем	273
8.2. Функциональные и планировочные структуры городской территории	276
8.3. Трансформация компонентов природной среды в урбосистемах	280
8.4. Основные природные и строительно-экологические принципы	280
8.5. Устойчивое развитие ПТС и урбанизированных территорий	290
Выводы	294
Вопросы и задания для самоконтроля	295
Практические задания.....	295

Глава 9. Современные агломерации и мегаполисы на пути к экоградам, экополисам и экоконтурбациям 298

9.1. Понятие агломерации	301
9.2. Разновидности агломераций	302
9.3. Мегалополис.....	305
9.4. Конурбация.....	306
9.5. Урбанизированный регион.....	307
9.6. Субурбанизация	308
9.7. Типология поселений	312
9.8. Глобализация мирового хозяйства	316
9.9. Проекты развития агломераций и мегаполисов в России	317

9.10. Принципы создания экологических поселений (экоградов — экополисов), их модели.....	322
9.11. Качество жизни и системы экспертной оценки экополисов	327
9.12. Развитие системного анализа и моделей функциональных связей в урбосистемах.....	331
Выводы	334
Вопросы и задания для самоконтроля	334

Глава 10. Освоение природных ресурсов Арктики и северных

широт	336
10.1. Актуальность и анализ ситуации	338
10.2. Исходное природное сырье	341
10.3. Себестоимость петроситалла из местного сырья.....	343
10.4. Петроситалловые сборно-разборные строительные и дорожные конструкции	345
10.5. Прорывные инженерно-технологические решения с петроситаллами	346
10.6. Расчеты экономической эффективности по методике ЮНИДО.....	348
10.7. Принципы функционально-стоимостного анализа и управления качеством — интегральный показатель «цена — качество»	349
Выводы	350
Вопросы и задания для самоконтроля	351

Раздел IV

ДЕГУМАНИЗАЦИЯ ОБЛАСТИ ЖИЗНИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В УРБОЭКОЛОГИИ

Глава 11. Эволюция техносферы. Внутренние и внешние

факторы	354
11.1. Три концепции ноосферы	354
11.2. Ограниченная биосфера и неограниченный техногенез.....	356
11.3. Организованность и динамика биосферы.....	364
11.4. «Техновещество» в постиндустриальном этапе	366
11.5. Современная техносфера	368
11.6. Преодоление техносферы.....	375
11.7. Природные опасности и риски на территории России	383
11.8. Геоэкологическое и медико-демографическое зонирование территории города	386
Выводы	386
Вопросы и задания для самоконтроля	388
Практические задания.....	388

Раздел V

МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УРБОСИСТЕМ

Глава 12. Здоровье населения — комплексный показатель

устойчивости урбосистем.....	392
12.1. Определение понятия «здоровья». Составные факторы здоровья.....	392

12.2. Природные экологические факторы, метеочувствительность и метеозависимость, эндемические заболевания, экопатология и здоровье населения	400
12.3. Воздействия природных, техногенных и антропогенных факторов на здоровье человека.....	402
12.4. Здоровье населения и общественное развитие.....	403
12.5. Экологические аспекты здоровья россиян в урбанизированных территориях.....	404
Выводы	405
Вопросы и задания для самоконтроля	406
Глава 13. Глобальная токсикация и здоровье человека.....	407
13.1. Экогеохимия заболеваний	407
13.2. Действие лучевой радиации на человека.....	413
13.3. Биологические эффекты токсикантов. Аллергия как экологическое заболевание	422
13.4. Взаимосвязь факторов разных генетических типов, воздействующих на здоровье человека, и демография.....	424
Выводы	429
Вопросы и задания для самоконтроля	429
Практические задания.....	430

Раздел VI

ПРАВОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В УРБОЭКОЛОГИИ

Глава 14. Проблемы и перспективы правового регулирования урбанизации и техносферы	432
14.1. Основные природоохранные организации международного уровня	433
14.2. Международные конвенции и соглашения	439
Выводы	442
Вопросы и задания для самоконтроля	443
Глава 15. Российское законодательство в урбоэкологии.....	444
15.1. Нормативно-правовое обеспечение экологической оценки территорий и охраны окружающей среды в России	444
15.2. Проблемы правового поля и перспективы развития	449
Выводы	452
Вопросы и задания для самоконтроля	453
Практические задания.....	454
Заключение.....	455
Литература	460
Глоссарий	469
Практикум.....	483
Новые издания по дисциплине «Урбоэкология» и смежным дисциплинам.....	494

Принятые сокращения

1. Органы власти и международные организации

ВМО — Всемирная метеорологическая организация

ВОЗ — Всемирная организация здравоохранения

Евросоюз — Европейский союз

Минздрав России — Министерство здравоохранения Российской Федерации

Минприроды России — Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

Минэнерго России — Министерство энергетики Российской Федерации

МЧС России — Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

ООН — Организация Объединенных Наций

Росавтодор — Федеральное дорожное агентство

Росгидромет — Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

Роспотребнадзор — Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия населения

Росприроднадзор — Федеральная служба по надзору в сфере природопользования

Росстандарт — Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии

Росстат — Федеральная служба государственной статистики

СНГ — Содружество Независимых Государств

ЮНЕП — Программа ООН по окружающей среде

ЮНЕСКО — Организация Объединенных Наций по культуре, науке, образованию

ЮНИДО — Организация Объединенных Наций по промышленному развитию

2. Прочие

АГК — Ачинский глиноземный комбинат

АЭС — атомная электростанция

ВВП — валовый внутренний продукт

ВИЭ — возобновляемый источник энергии

ВПК — военно-промышленный комплекс

ВСВ — временно согласованные выбросы
ГЛОБОС — глобальная (окружающая) среда
ЖКХ — жилищно-коммунальное хозяйство
ИЗА — индекс загрязнения атмосферы
ИХЗ — индекс химического загрязнения
КПД — коэффициент полезного действия
ЛОКОС — локальная окружающая среда
ММГ — многолетнемерзлые грунты
ММП — многолетнемерзлые породы
НТР — научно-техническая революция
ОБУВ — ориентировочно безопасный уровень воздействия
ОВОС — оценка воздействия на окружающую среду
ОКР — опытно-конструкторские работы
ПДВ — предельно допустимый выброс
ПДВВ — предельно допустимое вредное воздействие
ПДК — предельно допустимые концентрации
ПДН — предельно допустимые нормы
ПДС — предельно допустимый сброс
ПДУ — предельно допустимый уровень
ПДЭН — предельно допустимая экологическая нагрузка
ПРО — предельное размещение отходов
ПТС — природно-технические системы, геосистемы
ПХЗ — показатель химического загрязнения
РСФСР — Российская Советская Федеративная Социалистическая

Республика

РФ — Российская Федерация
СЗЗ — санитарно-защитные зоны
СИ — стандартный индекс
СССР — Союз Советских Социалистических Республик
ст. — статья (-и)
США — Соединенные Штаты Америки
ТД — турбулентная диффузия
ТНП — термодинамика необратимых процессов
ТЭК — топливно-энергетический комплекс
ТЭС — тепловая электростанция
ТЭЦ — теплоэнергоцентр
тут — тонны условного топлива
УДП — усиленная дорожная плита
ХПК — химическое потребление кислорода
ЦЭС — центральные электрические сети
ЧС — чрезвычайная ситуация
ЧЭС — чрезвычайная экологическая ситуация
ЭБ — экологическое бедствие
ЭГП — экзогенные геологические процессы
ЭФГС — экологические функции геологической среды

Предисловие

Мы создаем города,
а города создают нас!

Аристотель

Цель междисциплинарного курса «Урбоэкология и техносфера» состоит в овладении знаниями о критериях устойчивости урбанизированных зон под воздействием техногенных и природных факторов на современной методологической основе. Последняя определяется уровнем научных достижений, прошедших путь от И. Канта и русского космизма до квантовой механики и теории корпускулярно-волнового дуализма. В рамках новой научной рациональности пришло понимание системного единства Мира, при котором объект исследования и изучающий его субъект уже не были разделены непроницаемым барьером. Человек уже мыслится включенным в наш единый Мир, в Универсум. В соответствии с этими принципами разделение объекта и субъекта невозможно, и это подтверждает вывод о том, что Биосфера — сложная, но единая мегасистема. Ее составными компонентами являются геосферы и вся биота, включая человека. Человек, единственное разумное вещество, находится не вне или над, а в самой системе. Стала очевидной теснейшая связь неживой (косной) и живой материи, что позволяет совершенствовать гипотезы развития живой природы на фоне геологической истории биосферы, уточнять основные противоречия развития системы «Природа— Человечество», выявлять цикличность катастроф, разрабатывать для них новые критерии межгеосферного уровня и механизмы их преодоления. Такой новый, по сути, пионерный подход, разработанный автором для структуры учебника, позволил раскрыть новые грани дисциплины, обосновать важные принципы и законы этой науки и осознать их значение до глобального биосферного уровня.

С целью повышения требований к процессу образования и знаниям в рабочих программах учебных дисциплин появились новые критерии в виде профессиональных компетенций. Эти компетенции — не только дань моде, но и необходимость повышения знаний до современного уровня рационализма. С учетом этого выбрана логика изложения материала в книге, состоящей из шести разделов.

В первом разделе учебника (главы 1—3) на ретроспективной основе показаны исторические аспекты появления и развития городов и тех-

носферы. Динамика основных геоэкологических проблем городов, включая геохимические аномалии разных иерархических уровней (от локальных до глобальной токсикации планеты). Роль эволюционных и катастрофических геоэкологических процессов в истории Земли и созревании ноосферного мировоззрения. Так, геодинамические процессы, генерируемые динамикой космических процессов, находят отклики межгеосферного уровня в подземных водоносных горизонтах и приземных слоях атмосферы.

Представлено новое понимание термина геологическая среда. Предложена авторская классификация экологических функций геологической среды, показана степень их трансформации, редукции и ожидаемые последствия. Рассмотрены необходимые нормативы и критерии (санитарно-гигиенические, производственно-ресурсные и экосистемные) для всех компонентов геологической среды и для комплексной прогнозной оценки экологического состояния природно-техногенных геосистем (ПТС), а также зон чрезвычайных ситуаций (ЧС) и зон экологического бедствия (ЭБ) в их составе.

Второй раздел учебника раскрывает в трех главах (главы 4—6) мировоззренческие, фундаментальные и прикладные аспекты функционирования и самоорганизации природно-техногенных геосистем. Характеризуются основные свойства и концептуальные модели урбосистем, принципы и методы оценки интегрального риска ПТС и техносферы, надежности и устойчивости ПТС.

Изложены научные и нормативные основы организации мониторинга в техносфере и анализа его результатов, составления краткосрочных и долгосрочных прогнозов развития ситуации, прогноза природных и техногенных катастроф различного масштаба.

Раскрываются принципы и методы моделирования и системного анализа сложных необратимых процессов ПТС с помощью современных методов термодинамики. Показаны методы расчета антропогенного и техногенного воздействия урбанизированных зон на окружающую среду и оценки ущербов для ПТС.

В третьем разделе учебника (главы 7—10) сформулированы принципы и показаны методы расчета интегральных рисков ПТС и урбосистем. Представлены примеры оценки рисков при проектировании и строительстве в урбосистемах. Установлены циклы и стадии развития структуры городов, разновидности агломераций, мегаполисов, экополисов и прочих форм расселения, вплоть до субурбанизации. Дается динамика роста городов России и их морфоструктур с вариантами архитектурно-строительной бионики, видеоэкологии и возможностями аркологии, а также механизмы превращения в агломерации и мегаполисы, в сравнении с другими странами. Рассматривается роль учета принципов устойчивого развития городской структуры на всех стадиях ее динамики.

Показаны практические примеры проектирования мегаполисов, агломераций и техногенных объектов урбосистем на основе иннова-

ционных материалов и инженерно-технологических решений, которые являются экономически эффективными и экологически целесообразными.

Четвертый раздел (глава 11) знакомит с динамикой развития техносферы и механизмами преодоления кризисов на основе системного единства человека и биосферы и методов моделирования и прогноза.

Пятый раздел включает две главы 12 и 13, которые дают современное представление о медико-демографических особенностях урбосистем. Здоровье населения городов рассматривается как комплексный показатель экологического и эколого-геохимического состояния урбосистем. На большом фактическом материале показана связь масштабов трансформации всех компонентов ПТС с медико-демографическими показателями.

В шестом разделе (главы 14, 15) представлены комплекс проблем международного правового регулирования урбанизации и открывающиеся бескрайние перспективы Российского права в урбоэкологии.

В результате усвоения материалов учебника и практикума студент должен:

знать

- способы оценки потенциальной опасности объектов экономики для человека и среды обитания;

- экологические, природные, техногенные и социальные (антропогенные) факторы урбанизированных территорий и устойчивого развития;

- методы оценки качества компонентов окружающей среды на урбанизированных территориях;

- пределы степени трансформации окружающей среды в конкретных условиях под воздействием эволюционных и катастрофических факторов;

- глобальные проблемы современной биосферы и техносферы;

- перспективы достижения устойчивого развития;

уметь

- анализировать факторы природного, техногенного и антропогенного воздействия на урбанизированных территориях;

- осуществлять прогнозирование и оценивать последствия эволюционных и стихийных природных, техногенных и антропогенных воздействий;

- оценивать интегральные риски урбосистем и техносферы;

владеть

- методами анализа и оценки различных природных, техногенных и антропогенных, эволюционных и стихийных воздействий в геосферных оболочках техносферы;

- методами оценки различных сфер хозяйственной деятельности на разных этапах жизненного цикла на урбанизированных территориях и на глобальном уровне;

— методиками моделирования и прогнозирования интегрального риска при строительстве инженерных объектов и градостроительстве;

— методами анализа и оценки надежности и устойчивости природно-техногенных геосистем.

Цель настоящего учебника — получение студентами современных теоретических знаний и практических навыков, необходимых для изучения экологических проблем и разработки методов контроля и прогнозирования ЧС и устойчивого развития в пределах ПТС, включая города, городские агломерации, урбанизированных зон регионов, конурбаций и вплоть до самых высоких биосферных иерархических уровней. Надеюсь, что овладение теоретическими вопросами и прикладными методами, представленными в книге, будет полезно для развития науки и поиска комплексных системных подходов к решению проблем урбанистики, достигших критического уровня.

Учебник «Урбоэкология и техносфера» разработан как авторский курс по обязательной дисциплине для направлений подготовки «Техносферная безопасность и природообустройство», «Промышленная экология и биотехнологии», «Геология», «Землеустройство и кадастры» и «Строительство». В его основе лежит многолетний курс лекций, читаемый с 1994 г. в Национальном исследовательском Томском государственном университете, а чуть позже и в Томском государственном архитектурно-строительном университете.

Основные идеи учебника являются продуктом многолетних исследований (теоретических и экспериментальных) в рамках межвузовской научно-технической программы «Комплексное использование природных ресурсов» (1985—2005 гг.), промышленных отходов предприятий различных отраслей всего бывшего СССР и их комплексного использования с помощью экологически приемлемых безотходных технологий (около 40 патентов и авторских свидетельств, в основном для служебного пользования, и сделано открытие нового класса многофункциональных конструкционных и строительных материалов). Многие из этих идей опубликованы в печати, а также в учебниках и лекционных курсах для студентов и аспирантов.

Основные фундаментальные положения главы 3 «Критерии оценки и типы нормирования качества урбанизированных территорий» написаны в соавторстве с кандидатом химических наук, доцентом Национального исследовательского Томского политехнического университета А. А. Мананковой. Глава 12 «Здоровье население — комплексный показатель устойчивости урбосистем» написана совместно с кандидатом медицинских наук, старшим научным сотрудником НИИ кардиологии В. А. Личикаки, а глава 14 «Проблемы и перспективы правового регулирования урбанизации и техносферы» — в соавторстве с кандидатом юридических наук М. А. Мананковой. Компьютерная графика выполнена Г. С. Мананковым. Дорогим соавторам, уважаемым коллегам и помощникам, без участия которых не было бы книги в том виде, в котором она представлена, приношу сердечную благодарность.

Введение

Мы живем, точно в сне неразгаданном
на одной из удобных планет.

И. Северянин,
1909 г.

Урбоэкология (от лат. *urbos* — город, *oikos* — дом и *logos* — наука) — новое интегративное комплексное направление в экологии, **предметом** которой является жизнедеятельность человеческих популяций в городской среде обитания, включенной в природный биогеоценотический комплекс [28, 30, 38 и др.]. Урбоэкология имеет своим *предметом* четко обозначенную систему «человек — город — природа», которая исторически возникла и находится в непрерывном пространственно-временном движении с быстро растущим количеством проблем.

По данным ООН, *доля горожан* в общей численности населения планеты *впервые превысила долю жителей сельской местности уже в 2009 г.* Это важная точка в процессе развития человечества ознаменована таким печальным фактом, что техногенная трансформация компонентов окружающей среды в городах достигла закритического уровня. Начался эксперимент по выживанию человека в собственных отходах. В наше время, обсуждая перспективы судьбы биосферы, урбоэкологии и техносферы, все громче звучат призывы к мировоззренческим идеям об инфраструктуре взаимодействия человека с реальностью, созвучным дохристианским философам и новаторским идеям в учении об автотрофности человечества и в концепции ноосферы В. И. Вернадского. Идеи касаются методологической сути и сложности сохранения человека в биосфере. А объединяет их три основных постулата, разработанных нами в экологии как основе современной философии бытия и экологии как новой глобальной (политической) парадигме.

1. Современная наука доказывает системно фрактальную организацию материи, находящейся в вечном движении. Любой живой объект стремится в меру своих сил влиять на развитие системы. Надо различать две цели таких действий. Первоначальной, *исходной, объективной* целью живого объекта является — **не погибнуть, выжить**. Неживые объекты, не имеющие большого выбора, слепо, как кажется нам, следуют законам природы. Живые объекты, а также объекты экспериментальной минералогии, включая воду и кристаллы льда, наделены более высокой организацией и потому обладают инстинктами и способностью моделирования, выбора варианта формы (габитуса), поведения

и реализации в экстремальных условиях объективной цели — **выживания**. Человек благодаря самосознанию, трансцендентности способен, кроме *объективных* целей (связанных с законами природы и инстинктами), определять для себя цели *субъективные*, возникающие за счет мышления, воображения и разума.

2. Неизбежность трансформации и редукции глобальной естественной среды обитания человека, который превратился в реальную геологическую силу.

3. Создание условий и определение вариантов выхода из созревшего тупика на данном технологическом уровне путем управления процессами эволюции человека и среды, но при условии, что человеческая мысль должна стать настолько разумной, чтобы смогла обеспечить сохранения «хрупкой колыбели» — Земли и в ней самого человека.

Для достижения поставленной цели необходимы достаточные ресурсы — материальные, энергетические, временные, трудовые и информационные. Главная цель книги — создание основ *информационных* ресурсов. Если они дойдут до масс, превратятся в знания, то процесс реализации будет близок алгоритму целевой траектории. В противном случае, даже если такая цель появится (будут созданы все ресурсы кроме информационных), решать ее, двигаться к ней будем методом проб и ошибок.

Жить в согласии с Природой — этот девиз известен с глубокой древности. Аристотель (384—322 гг. до н. э.) ученик Платона считал, что законы природы обратимы и механистически детерминированы. Объекты динамики описываются как простая сумма частей. Определение любого состояния системы при знании закона, управляющего развитием, позволяет вывести с непреложностью и точностью научной логики все прошлое и будущее системы. В самом деле, дохристианские мыслители воспринимали Мир как творческий закон, которому должен подчиняться человек как своей судьбе.

Христианские догмы, надолго укоренившиеся в сознании, проповедуют уже «эгоизм» человека и создают оправдание для безудержной эксплуатации природы человеком. В Библии утверждается: «Все предано Мне Отцом Моим» (от Матфея, 11,27), «Все возможно верующему» (от Марка, 9,23), «И благословил их Бог и сказал им Бог: плодитесь и размножайтесь, и наполняйте землю, и обладайте ею, и владычествуйте над рыбами морскими (и над зверями), и над птицами небесными, (и над всяким скотом, и над всею землей)» (Бытие, 1,28) и т. п.

В длительной истории прогнозирования будущего человечества на Земле стоят имена таких знаменитостей, как И. Кант, Э. Галлей, Ж. А. Кондорсе, П. Лаплас, Л. Кетле и других ученых и философов. Успехи в астрономии знакомы всем с детства (Кант, Галлей). А вот некоторые любопытнейшие вехи в этой истории, связанные с человечеством. С давних пор в христианской философии имелись попытки переосмыслить роль Человека на Земле. Например, католический Святой Франциск Ассизский (1182—1226), когда возникли города с резким

неравенством людей, основал Святой Францисканский орден на аскетическом идеале и стал проповедником равенства всех тварей перед Творцом. Его канонизировали, и он остается одним из величайших и уважаемых религиозных деятелей во всем мире. Маркиз Ж. А. Кондорсе, автор модели «социальной математики», за 150 лет до В. И. Вернадского создал в философии концепцию исторического прогресса на основе развития человеческого разума. Л. Кетле, автор «Социальной физики», вслед за Кондорсе доказал, что методы естествознания, распространяемые на область социальных явлений, могут сыграть роль «охраняющего начала» дальнейшего развития человечества на Земле.

Первые высказывания ученых Нового постмеханистического времени о влиянии человеческой деятельности на Природу появились более двух столетий назад. Жан-Жак Руссо (1712—1778) указывал, что деятельность человека в ряде случаев наносит вред окружающей среде. В истории человечества всегда было так, что среди наук шла непрерывная борьба за овладение титулом «царица наук». Не вдаваясь в глубокую историю, можно отметить, что с начала XX в. такой наукой являлась физика. Именно она, при господстве прагматической идеологии позитивизма, насаждала с помощью новейших теоретических дисциплин вероятностные методы на все науки, включая медицину. Физика определяла мировоззренческие представления о Мире и методологические концепции вероятностных подходов. Поэтому возникли исторически эфемерные прагматические понятия — «окружающая среда», «энвайронменталистика», «глобалистика» и др., но исчезло изначальное понимание естественного единства человека и природы.

Все возрастающую роль в техносфере играют последствия растущих по экспоненте техногенных и антропогенных воздействий, которые по критерию времени могут быть и эволюционными и быстропротекающими (катастрофическими). Такая динамика приводит к росту заболеваемости основных систем человека. Отличительная черта современного кризиса состоит в том, что он не знает не только региональных, но и государственных границ. Он несводим к отношениям внутри человеческого общества. Для решения этих проблем необходимы соответствующие специалисты, знающие весь спектр вопросов и умеющие находить на них ответы.

В настоящее время, в связи с необычайной актуальностью экологических проблем и осознанием необходимости уже обязательного и повсеместного учета экологической составляющей стоимости труда, складывается ситуация, когда на роль лидера наук выходит (вместо физики) наука экология, обладающая интегративным характером и мировоззренческим содержанием. Всех волнующий вопрос — на сколько хватит человечеству земных ресурсов, по своей значимости приравнивается к сакраментальному гамлетовскому: «to be or not to be?»

Изучение природных и техногенных бедствий и катастроф сейчас приобретает особую актуальность и смысл. Нужно на современном уровне рациональности не только изучать и моделировать механизмы

зарождения и развития стихийных бедствий, но и нужно установить «нормальный» уровень природных катастроф с учетом их приуроченности к и урбанизированным зонам, находящихся в определенных геолого-географических и природно-климатических поясах. Нужны новые специалисты, способные решать накопившиеся проблемы урбанизированных территорий системно, во взаимосвязи с окружающей природной средой и владеть *научными методами прогнозирования и предупреждения* опасных явлений и катастроф. Именно эта задача поставлена Президентом Российской Федерации В. В. Путиным перед Российской академией наук и всем научным сообществом страны. По данным статистики этот подход должен быть в 15 раз дешевле используемого сейчас сверхзатратного подхода, ориентированного преимущественно на ликвидацию последствий. Центральное место в этой стратегии занимает проблема оценки и управления природными и техногенными рисками.

Именно в связи с массовым осознанием ситуации экологическая проблематика в последние годы стала в ряд важнейших политических международных приоритетов и приобретает соответствующее место в сфере образования. Новое научное экологическое направление — урбэкология, порожденное современной жизненной практикой, ответственно за разработку научных основ устойчивости урбасистем и оптимального взаимодействия человека и природы в пределах техносферы на основе концептуального обобщения современных научных достижений всех инкорпорированных наук (естественных, технических и социальных) [66].

Поиск новой модели взаимодействия с Природой стал возможен благодаря появлению математического компьютерного моделирования и развитию космонавтики во второй половине XX в. Коллектив молодых исследователей Римского клуба, созданный А. Печчеи и А. Кингом, по результатам глобального макроэкономического многофакторного анализа достиг уровня «мозгового треста» и в 1972 г. представил в ООН доклад Д. Медоуза и др. «Пределы роста» о возможности глобального равновесия и прибыльного бизнеса (на примере ряда мировых корпораций), если работать по экологическим нормативам. После этого в странах экономического ядра началась эпоха «противозагрязнительной» техники. За 20 лет упорных усилий социализации городской среды, потребовавших огромных интеллектуальных и материальных затрат, здесь произошли весьма значимые явления: в городах-центрах очищены приземный воздух, реки и озера и т. п. На основании этого опыта конференция ООН по охране среды и развитию общества в Рио-де-Жанейро (1992 г.) приняла концепцию *устойчивого развития* или точнее на английском: «Environmental Development». Вместо требований «охранять», «ликвидировать последствия» идеалами должны становиться:

- а) переход к экологически чистым безотходным технологиям;
- б) отказ от технократического отношения к природе и человеку;

- в) формирование экологического образования;
- г) формирование экологической культуры;
- д) формирование нового мировоззрения.

Реализация этих идеалов в рамках концепции устойчивого развития должна означать переход к новому постиндустриальному уровню развития цивилизации и изменение всей прежней системы «ценностей», позволивших разрушить логическое и естественное единство общества с природой. В мировоззренческом ракурсе Концепция устойчивого развития, по моему убеждению, представляется первой программой реализации учения о ноосфере Вернадского.

Создаваемая новая парадигма в принципе очень близка идеи коэволюции. В развитии этой идеи весьма заметная роль принадлежит российским ученым и мыслителям: В. Соловьеву, Н. Федорову, А. Чижевскому, Н. Рериху, Л. Толстому, К. Циолковскому с их идеями о «всеобщей этике», «космическом мышлении», «согласии с природой» и т. п. Эти выдающиеся умы уже к концу XIX в. пришли к пониманию того, что нужно не только знать Природу, но и жить в согласии с ней.

Венцом российской экологической мысли первой половины XX в., кроме идей В. И. Вернадского, явилась концепция академика А. Е. Ферсмана о техногенезе и комплексном безотходном использовании природных ресурсов. Именно он — первый аспирант Вернадского обосновал геологический ракурс понимания человечества и его роли в эволюции биосферы, ее геологической среды. Но в это же время руководство образованием страны круто и надолго разделило проблемы человека и естественных наук, удалив из классических университетов медицинские факультеты, придав им статус самостоятельных вузов, что сохраняется и поныне. Весь исторический опыт этого столетия убедительно (но пока не для всех) доказывает, что общество, его наука не владеют комплексной информацией о целостной и мультииерархической картине происходящих в урбасистемах, природно-техногенных геосистемах (ПТС) изменений. В наше время проблема усугубляется целым рядом факторов, достигших или почти достигших глобального уровня:

- 1) бессистемное потребление природных ресурсов и падение ресурсного потенциала Земли;
- 2) нескоординированное хозяйственное развитие;
- 3) застой в основных отраслях промышленности;
- 4) медико-демографические дисбалансы;
- 5) глобальная токсикация планеты неорганическими и органическими поллютантами;
- 6) рост числа элементов, химических соединений (более 500 тыс.), ранее не встречавшихся в природе и загрязняющих трофические цепи и все компоненты живой и неживой природы;
- 7) истощение озонового слоя;
- 8) климатические аномалии на фоне глобального потепления.

Совокупность этих факторов привела к тому, что мир оказался на пороге глобального экологического кризиса, когда угроза нависла уже над самим генотипом человека.

В целом содержание и задачи урбоэкологии как науки постоянно усложняется. В середине XX в. урбаэкология начала использовать и ассимилировать результаты смежных наук: естественных (геологию, геохимию, химию и физику), технические (строительство, горное дело и т. п.) и социальные (право, экономику и т. п.). Одновременно пришло осознание, что *Homo Sapiens* не только общественный продукт, но и млекопитающее, подчиняющееся всем законам природы. Теперь сам человек и результаты его деятельности тоже включены в сферу урбоэкологии. *А состояние здоровья людей — это главный и системный показатель экологического состояния ПТС.* И не случайно произошло объединение государственной академической медицинской науки и Российской академии наук.

Сейчас урбоэкология как интегрирующая междисциплинарная наука использует около 70 научных дисциплин с общим лексиконом до 14 тыс. терминов и понятий. **Главный объект урбоэкологии** при этом — взаимоотношения в системе «общество — природа — производство». Она изучает весь спектр проблем, касающихся взаимосвязей компонентов урбосистем, вплоть до наиболее общих законов взаимодействия и взаимосвязи человечества с природной средой, разрабатывает научные основы рационального природопользования, которые предполагают сохранение жизненной среды и повышение благосостояния людей.

Таким образом, каждая урбосистема — это необычайно сложная система. Она, в принципе, дифференцируется на целый ряд подсистем — абиотических, биотических, социо-культурных, технических, медико-демографических, селитебных и т. п. Именно эта сверхсложность и неоднородность обуславливает то, что решение ее современных проблем не может быть осуществлено средствами какой-либо одной, пусть преуспевающей традиционной науки, как бы сильна она ни была в сфере своего непосредственного предмета. Анализировать нужно все составляющие компоненты, а иначе улучшение в одной подсистеме неминуемо приведет к редукции других.

Анализ потока литературы по проблемам урбоэкологии подтверждает как раз ее междисциплинарность. И он показывает, что пока преобладает преимущественно экстенсивный процесс экологизации научного знания. Практически нет каких-то специальных наук, где не рассматривались бы актуальные, но преимущественно частные экологические проблемы. А без общей научной основы нет взаимопонимания и реального общесистемного результата. Поэтому научные дискуссии больше напоминают спор глухих. Это может нам дорого обойтись. Чтобы избежать больших неприятностей и начать создавать научные основы оптимального взаимодействия общества и природы, необходимо разработать единую наиболее общую научную концепцию и ее логический аппарат для изучения фундаментальных

закономерностей взаимодействия Общества и Природы, для системной рационализации природопользования и сохранения жизненной среды нашего общего дома — планеты Земля. В этот цикл входят, по большому счету, результаты обобщения основ как естественных и технических наук, так и социальных, медицинских и всех других экологически ориентированных наук. Именно при таком симбиозе можно наиболее глубоко и успешно разрабатывать общие принципы и законы для разномасштабных экологических процессов, включая глобальные, и роль современного *Homo Sapiens* в этом Мире.

Сейчас урбэкология обычно использует традиционные экологические законы, созданные преимущественно путем экстраполяции законов фундаментальных естественных и социальных наук. Из общего количества законов, превышающих 250, в первую очередь находят применение такие, как законы Б. Коммонера, а также:

- закон минимума Ю. Либиха;
- принцип толерантности;
- принцип емкости;
- закон биогенной миграции атомов В. И. Вернадского;
- принципы адаптации;
- принцип гомеостаза;
- закон внутреннего динамического равновесия.

С открытием в вузах страны экологических специальностей и специализаций в 1996 г. возникли трудности с учебниками. Нами был создан один из первых учебников «Основы экологии. Теория, факторы, законы, кризисы и их преодоление» с грифом Минвуза. В нем по примеру Б. Коммонера, но на другой концептуальной и научной базе (с позиций пределов устойчивости биосферы, ноосферы и голографической модели вещества, а также квантовой механики со своей системной неопределенностью и принципом дополнительности) были разработаны фундаментальные законы современной экологии [61, 67]. В логической последовательности от общего к частному основные законы и принципы выстроены в такой ряд:

- принцип системного единства мира;
- закон экологической иерархии геоструктур Земли;
- закон эволюционного развития жизни. Он заключается не в борьбе классов, а в разрешении противоречий между локальной окружающей средой (ЛОКОС) и глобальной окружающей средой (ГЛОБОС);
- закон цикличности экологических кризисов;
- закон о механизмах преодоления экологических кризисов;
- закон исчерпаемости невозобновимых минеральных и энергетических ресурсов;
- закон низкоактивационных процессов преобразования вещества по протонно-гидратационному механизму;
- принцип замкнутости и безотходности низкоактивационных циклических процессов.

Для выявления в урбасистемах признаков опасных процессов и явлений или их предсказания нами рекомендуется использование этих законов и принципов, а также методов моделирования и прикладного системного анализа. Первоначально системный анализ использовался для выявления междисциплинарных связей, что показало недостатки узкой специализации. В итоге, как образно обобщил видный основоположник системологии Ф. П. Тарасенко: «Всеобщее единство природы, и нас в ней, нашло отражение в понятии системности всего сущего» [112]. Сейчас системный анализ превращается в меж- и наддисциплинарное направление, охватывающее методологию и методы исследования, проектирования и управления сложных природно-технических, социальных и других систем. Особый интерес к системным представлениям проявляется как средству при постановке задач с большой начальной неопределенностью проблемной ситуации (Дж. Ван Гиг, Р. Эшби, Р. Акофф, Ф. Эмери, С. Бир, Ф. П. Тарасенко).

Ускоренный рост природных и техногенных катастрофических событий и ущерба от них, а также рост количества смертоносных заболеваний в урбасистемах выдвигают для научного сообщества архисложную задачу: прогнозирование и предупреждение природных и природно-техногенных стихийных бедствий, затрагивающих вероятность существования человека.

Особенно остро проблема природных и техногенных катастроф стоит для нашей страны, где аварийность выше, а уровень безопасности производственных процессов в 5—10 раз (и более) ниже передового зарубежного. Безопасность, включая пожарную, автомобильного транспорта уступает зарубежному уровню примерно на два порядка или в 5 раз в пересчете на один автомобиль. Анализ современных опасных инцидентов, происшествий и катастроф доказали актуальность рассматриваемой проблемы. Это послужило отправным моментом для разработки количественных методов анализа и оценки устойчивости и безопасности урбасистем на основе построения структурных схем надежности и т. п.

Теперь все шире осознается, что системность присуща материи во всех проявлениях, и ее можно назвать формой существования материи. Все существенные признаки и свойства слагающих систему компонентов, *необходимые* для построения и использования системного анализа, называются *описательными (дескриптивными) свойствами системы*. Они включают три группы свойств:

- *статические* (целостность, открытость, внутренняя неоднородность, структурированность);

- *динамические* (функциональность, стимулируемость, временная динамика, реакция на изменение среды);

- *синтетические* (эмерджентность, неразделимость на части, ингерентность — внутренняя и внешняя согласованность, целесообразность).

Их учет обязателен при изучении систем любого уровня по принципу: «Думай глобально, действуй локально». В современном обществе системные представления распространились во все сферы производственной, научной, познавательной и образовательной дея-

тельности. Такие понятия, как например, солнечная система, геологическая система, геохронологическая система, экологическая система, периодическая система элементов, нервная система, система уравнений и т. д. означают, что общее у них — это системность. Вместе с тем пока отсутствует общепринятое понимание как самого термина «система», так и наиболее существенных ее характеристик, свойств. Существует более 40 определений понятия системы. В разных науках приняты определения, существенно отличающиеся по смыслу.

Исходя из опыта изучения проблем урбосистем и целей дисциплины, предлагается такое понимание системы. Для систем в целом и урбосистем в частности *под системой понимается совокупность взаимосвязанных элементов в виде подсистем нескольких иерархических уровней, объединенных функциональной средой с целью обеспечения системе эмерджентности, саморазвития и устойчивости на пути к достижению общесистемной гармонии.* В этом определении мы постулируем, что структурно связанные в единое сообщество (систему) компоненты (подсистемы) начинают приобретать качественно новые эмерджентные (в статике) или синергетические (в динамике) свойства. Общая цель вводится через исходную *потребность*, которая выступает в качестве системообразующего фактора. В итоге «единое сообщество» превращается в понятие *системы*, которая выступает в качестве *модели* и подвергается моделированию на различных уровнях знания или научной рациональности [21, 62, 113]. Это связано с тем, что само человеческое мышление тоже системно. Человек все время учится у Природы, создавая новые законы и науки.

Роль системных представлений и *уровня системности* в науке и практике исторически увеличивается и усложняется за счет *новых знаний и методов* (компьютерные технологии, знания о планете, полученные из космоса). Системность человеческой деятельности прошла путь от механизации труда и далее — к интеллектуализации через этапы электрификации — автоматизации — кибернетизации (рисунок). Развитие знания совершается по *принципу научной ассимиляции* — новые законы вбирают в себя известные ранее, превращая их в частные случаи. В доказательство можно привести много фактов.



Рисунок. Иерархия уровней системности производства

Остановимся на одном, связанном с классической механикой Ньютона и квантовой физикой. И. Ньютон утверждал, что материя — это нечто, существующее в пространстве и времени. По представлению философа и ученого Г. В. Лейбница, материя — нечто, что само задает свойства пространства и времени. Именно эту концепцию математически реализовал в общей теории относительности А. Эйнштейн. Эти события запечатлены в двух эпиграммах.

Первая (XVIII в.):

Был это мир глубокой тьмой окутан.
Да будет свет! И вот явился Ньютон.

Вторая (XX в.):

Но Сатана недолго ждал реванша,
Пришел Эйнштейн — и стало все как раньше!

Новая релятивистская механика Эйнштейна сделала механику Ньютона частным случаем, пригодной лишь для процессов, совершающихся со скоростью существенно меньше скорости света.

Очень наглядным примером системности является медицина. Тело человека — это сложный механизм, во многом еще загадочный, в виде единого организма, представляющего мегасистему. Он способен совершать не только физические действия, но и чувствовать, мыслить. В теле человека функционирует 12 взаимосвязанных и взаимообусловленных подсистем (кровеносная, опорно-двигательная, дыхательная, нервная и др.). При этом строение организма на 99 % у всех одинаковое. Однако из всех 7,5 млрд людей на Земле нет абсолютно похожих, даже внешне, людей. До поры, до времени все системы работают по правилам устойчивой системы. Но годы летят, и наступает процесс старения. Естественные процессы старения в нашем теле начинаются гораздо раньше, чем многие думают, сразу после 30 лет. Просто замечать их мы начинаем после 40. После 50 они уже доставляют нам определенный дискомфорт (кожа, зрение, скованность в теле, упадок сил и далее по списку). А дальше все начинает ускоряться так быстро, что маршрут «аптека — врач — аптека» становится для многих таким же привычным как раньше «работа — дом — работа». Но самое печальное даже не это. Ведь идя на поводу у тех или иных симптомов и пытаясь от них избавиться (что естественно, потому что они доставляют боль или дискомфорт), человек, как правило, даже не задумывается, что главная причина любых болезней и недугов в его возрасте — естественные процессы старения организма. Что это значит? Лишь то, что функции **всех подсистем организма** (а не какой-то одной или двух) с каждым годом будут только ухудшаться, а не наоборот. Естественно, что для того, чтобы замедлить этот процесс, мы должны также позаботиться **обо всех подсистемах** организма, а не только о тех, которые доставляют нам проблемы в данный момент. Потому что в противном случае мы будем все время лечить органы одной системы и разрушать другие системы. Получать удовольствие от жизни нам уже не получится.

Аналогичная логика исследования необходима и для системности исследований и оздоровления урбанизированных территорий и ПТС. *Уровень системности* исследований зависит от глубины интерпретации используемых подсистем на основе современных мировоззренческих универсальных принципов, таких как: системная неопределенность, корпускулярно-волновой дуализм и принцип дополнителности, открытых в квантовой физике. Вместе с тем мы наглядно убеждаемся, что сложные системы не сводятся к простой сумме их элементов. Суть целостности можно узнать с помощью *глубокого системного синтеза*, выискивая и изучая не только прямые, но и *обратные связи*, с помощью которых можно создать модель, объясняющую *эмерджентность, саморазвитие и динамическую устойчивость*. Модели могут быть самыми разными, начиная с интуитивных и материальных в виде упрощенных представлений о реальности. В них присутствует некоторое число факторов и отброшены (не учтены), как бы несущественные на этих уровнях системности. Модели в виде математических формул и компьютерных программ создаются на заключительном уровне системности.

Нигде противоречия между человеком и природой не достигают такой глубины, как в больших городах. Они создают 80 % всех выбросов в атмосферу и 3/4 глобального объема загрязнений с экологическими ареалами в 30—50 км. Количество городских твердых отходов — не меньше 3 млрд т, а утилизируется крайне мало. В России, по официальным данным, ежегодно производится около 63 млн т бытовых и прочих отходов, в переработку идет около 10 %.

Согласно опубликованным в журнале «The Economist» прогнозам, к 2050 г. в городах будет проживать 64,1 % населения развивающихся стран мира и 85,9 % населения развитых стран. Динамика процессов урбанизации практически во всех странах мира со всей очевидностью показывает, что XXI в. будет веком городов и городских жителей. С учетом того, что урбанизация остается одним из ключевых демографических процессов современности, затрагивая все больший объем проблем (локального, регионального и глобального) уровня взаимодействия общества и природы, динамика тенденций внутри самой урбанистики приобретает особую важность.

По абсолютной численности городского населения впереди всех Китай (732,6 млн, 53,2 % населения), Индия (396 млн, 32 %) и США (256 млн, 80,7 %), которые идут далеко впереди остальных стран мира. Судя по доле горожан в общей численности населения, а также географии и истории индустриализации этих стран, можно более глубоко исследовать корни урбанизации. Несмотря на то, что территории стран, численность населения, пространственные связи, экономические и социальные особенности у государств различаются, отмечается несколько общих этапов развития городов от самых первых до современных сложно структурированных городских агломераций. Пороговую отметку доли горожан в 50 % первой достигла Великобрита-

ния в 1870-е гг., затем Германия — в 1890-е гг., США — в 1910-е гг., а в СССР доля городского населения превысила долю сельского лишь в середине — конце 1950-х гг.

За свою геологическую историю биосфера прошла целый ряд этапов эволюционного развития, разделенных глобальными периодами катастроф. Исторический и философский анализ развития биосферы важен для понимания нынешних связей в системе «природа — общество». К середине XX в. стало очевидно, что технологический уровень общества, обеспечивший демографический взрыв, не соответствует потенциалу планеты. Хозяйственная деятельность человека достигла геологических масштабов. Техногенез существенно нарушил равновесие многих экосистем и циклы круговорота вещества в биосфере. Экологический кризис, вызванный впервые в истории биосферы техногенезом и антропогенными факторами, приобрел черты глобального. Он породил неизвестные ранее проблемы, приобретающие глобальный характер: дефицит наиболее значимых для жизнеобеспечения природных ресурсов, парниковый эффект, повышение температуры земной поверхности, кислотные дожди, глобальную токсикацию биосферы и т. д. Особенно ярко все негативные процессы проявляются на территориях городов и урбанизированных зон, где состояние здоровья людей все больше зависит от качества среды обитания, достигая 50—70 % (вместо исходных или нормативных 30 %). Вследствие комплексного (физического, температурного и вещественного) воздействия в атмосфере городов возникают существенные по сравнению с фоном (на удалении от 20 до 50 км) изменения метеопараметров: температуры, влажности воздуха, скорости ветра, потоков радиации. Эти процессы выражаются в формировании островов или куполов (типа диапировых) тепловых аномалий. Они провоцируют развитие температурных инверсий и обусловленных ими туманов, смогов, а также аномальных загрязнений. В атмосфере городов содержится в среднем в 10 раз больше аэрозолей и в 25 раз больше газов. Более активная конденсация влаги приводит к увеличению в урбозонах осадков на 5—10 %.

Обнаружение взаимосвязей и механизмов между процессами во всех компонентах экосистем (биотических и абиотических) является важной задачей науки. Именно эта молодая наука, появившаяся по требованию жизни, развивает системный комплексный подход (мониторинг, прикладной системный анализ, системный синтез и моделирование) для установления прямых и обратных зависимостей природных и техногенных (функционально связанных) процессов и объектов. Можно, например, вычислить, как процессы термотоксикации воздуха влияют на погоду и климат, а также количественно увязать их с ускоряющейся синантропизацией биоты и деградацией подстилающей поверхности в урбанизированных зонах. Природно-техногенные геосистемы самые сложные по составу и не предсказуемые по структуре. В их пределах существует обратное влияние геолого-структурных и геодинамических особенностей, атмосферных параметров (скорости ветра, турбулентно-

сти, осадков, облачности, туманов) и других природных (и техногенно-стимулированных) факторов на экологические функции окружающей среды. Проникновение в суть подобных связей позволило начать изучать *межгеосферные связи с целью предсказания природных стихийных бедствий* [66].

В целом, исходя из геологической истории внешних геосфер Земли и биосферы, мы постулируем современное понимание геосистем геологической среды: *природные комплексы определенной территории* (горные породы, ландшафты, почвы, воды, атмосфера, растительность, хемолитотрофные микроорганизмы и вся другая биота) связаны потоками вещества и энергии в *единое системное целое* и формируют при участии прямых и обратных связей различные по степени сложности и типам функционирования биогидролитосферные *геосистемы геологической среды*. Во второй главе мы с этих позиций приводим характеристику шести экологических функций геологической среды.

Становится очевидным, что каждое данное состояние какого-либо элемента геологической среды, как системы, определяется всей историей самой системы (у живых организмов — генетики), всем комплексом связей других элементов, влиявших в прошлом, влияющих сейчас и способных влиять в будущем на состояние этого элемента и устойчивость системы в целом.

Новое понимание понятия «геосистема геологической среды» представляет развитие идеи В. И. Вернадского о связи органического мира с геологической историей литосферы и концепции ноосферы. Вековая эволюция учения о биологических сообществах и динамике биосистем наработала комплекс представлений мировоззренческого характера. В ретроспективе этот результат не представляется удивительным, поскольку изначально предметом экологии были не только и не столько вещественные предметные связи живого с неживым, сколько мало осязаемые социальные взаимоотношения внутри видов и между ними, сотканые из паутины инстинктов, рефлексов и эмоций. Проблемы экологии оказались настолько общими, что не могли быть решены ни в рамках классической (механицизм), ни неклассической (энергизм-позитивизм), ни постнеклассической парадигм. Дело, очевидно, не в узости мировоззрения, построенного вначале на успехах механики, затем термодинамики и ныне на мало дифференцированном комплексе общенаучных результатов электродинамики, кибернетики и информатики, а в необходимости интегрального применения идейного багажа, приобретенного в последние десятилетия. Речь идет о формировании сейчас глобальной парадигмы, и в ее основании, возможно, лежат экологические представления, поскольку и нужна она для решения экологической проблематики. Одним из аспектов последней является извечный вопрос: «Зачем мы здесь, в чем смысл нашего бытия?». То ли мы просто один из видов животных в случайном мире, или, в самом деле, высшее творение бога, наделенное не только некоторой властью над Природой, но и бременем обязательств перед ней.

Нынешний кризис, поставивший под угрозу существование человечества, отличается от всех предыдущих по генезису. Он вызван не природными факторами, а 300-летней научно-технической революцией (НТР), превратившей стихийный техногенез в реальную геологическую дестабилизирующую силу. Эти века на фоне всей геологической истории планеты (4,6 млрд лет) представляются настоящим катастрофическим явлением. Известный астрофизик И. С. Шкловский приравнял техногенез к глобальной катастрофе в виде мощной ударной волны [136].

За последнее десятилетие число и масштабность природных катастроф возросли примерно в 5 раз, а их опасность — в 9 раз. Этот глобальный кризис несводим к отношениям между классами внутри человеческого общества. *Основное противоречие*, разрешением которого является *развитие цивилизации*, находится не в сфере производственных отношений (как полагал К. Маркс), а в сфере отношений локальной окружающей (и для человека) среды с глобальной окружающей средой. Совершенно не случайно у основателей экологии рассматривается не биологический вид в Природе, а экологическая ниша вида в Природе. Смысл противоречия между локальной окружающей средой (ЛОКОС) и глобальной средой (ГЛОБОС) состоит в том, что человек (и в той или иной мере другие биологические виды) активно формируют комфортные условия ЛОКОС за счет экологических функций ГЛОБОС [61, 63]. Взаимоотношение человека и природы имеет многовековую историю. Создание ЛОКОС за счет хищнического истребления ГЛОБОС и ранее порождало серьезные негативные явления и опасности. Но вся сложность и значимость проблемы наглядно и в полной мере проявилась после появления электронно-вычислительных машин (ЭВМ) и результатов многофакторного анализа макроэкономических показателей, полученных учеными «Римского клуба». Развитые страны с начала 1970-х гг. начали интенсивно решать проблемы социализации Природы, в первую очередь с помощью противозагрязнительных технологий. В создание и внедрение таких технологий вкладывались колоссальные средства.

При разработке мероприятий по восстановлению гармонии с Природой и уменьшению ущербов от природных стихий рекомендуется учитывать выявленные ранее нами *механизмы преодоления экологических кризисов*:

- *миграционно-экспансионистский*;
- *неотехнологический*.

При характеристике этих механизмов для большей наглядности и простоты будем использовать лишь одну — ресурсную функцию геологической среды.

Первому механизму соответствовала экстенсивная отраслевая экономика, включая освоение все новых природных месторождений и накопление по экспоненте промышленных отходов в пределах урбозон. Сейчас начинается прорыв добычи углеводородов и других полезных ископаемых в шельфовых зонах наших северных морей. Значит, закон-

чились легкодоступные месторождения традиционных сырьевых ресурсов, т. е. миграционный механизм перестает работать. Истощение этих ресурсов приводит к невозможности дальнейшего комфорта в ЛОГОСе. К понятию комфорта в равной мере относятся как условия, необходимые для отправления физических, так и психических потребностей. Появились голоса о тупиковом характере дальнейшего развития. На самом деле пора начать масштабно использовать второй механизм — неотехнологический.

Начало второго механизма уходит в глубину истории. Истории известны две великие революции. Первая — неолитическая, около 10—11 тыс. лет назад, вторая — агротехническая во времена Заратустры, примерно за 3,5 тыс. лет до Рождества Христова. Последняя привела к интенсивному росту народонаселения в рамках относительно спокойных социальных формаций (империй).

После эпохи Великих географических открытий начинается третья Великая индустриальная, или машинная, революция, она берет начало от ткацкого станка эпохи Возрождения, а какое-то завершение происходит, видимо, в наши дни. Суть нынешнего процесса — становление Машинной цивилизации. Основные вехи, этапы: 1) механика (исполнительные машины и станки); 2) энергетика (паровые машины); 3) электротехника (трансмиссия, передача энергии от источников к потребителям); 4) транспорт и связь как средства коммуникации и, наконец, 5) информатика (технология машинного управления). Этими этапами наработаны основные принципиальные решения машинной технологии, развивая которые человечество сможет преодолеть кризис. Этот этап только набирает силу, но он уже вышел из европейских масштабов и превращается в мировой процесс. Развитие информационных и управленческих технологий, по сути, замыкает цепь принципиальных технических решений, позволяющих в перспективе практически полностью вывести человека из сферы материального производства. В связи с этим определяется необходимость научного осмысления всего комплекса результатов ради рационализации отношений между окружающей средой и, по существу, новым видом людей. То есть речь идет не столько об осознании возможностей, сколько о создании интегративной глобальной парадигмы, в рамках которой человек сможет переключиться в сферу «духовного производства». Для этого необходимо адекватное понимание окружающего мира, который, как теперь ясно, не описывается исчерпывающе ни механическими, ни энергетическими представлениями. Пока можно заверить, что как в прошлом, так и сейчас высокие обобщения естественных наук будут созданы после решения ключевых практических проблем современности, и они будут касаться новых свойств пространства и времени. Нами развивается голографическая модель вещества, основанная на процессах резонанса, которая является естественно-научной основой и общей экологии, поскольку независимо от масштаба голограммы в ней содержится полная информация о мире [54]. Процессы и явления, происходящие

в природе, имеют всегда голографический характер. Вычленив «элементарную ячейку» голографической сети, можно увидеть традиционные причинно-следственные, прямые и обратные связи.

В структуре ресурсов, потребляемых человеком, значительное место занимает минеральное вещество (полезные ископаемые), истощение которого имеет преимущественно необратимый характер, в отличие от возобновляемых пищевых ресурсов. Второй механизм подразумевает коренную ломку (перестройку) структуры ресурсного потребления. Именно этот этап и предстоит ныне человечеству. Его суть в создании технологий для рационального использования многотоннажных промышленных отходов, уходе от *отраслевой экономики и внедрении безотходных, экологически чистых импортозамещающих технологий*, для которых у нас имеется достаточно солидный научный задел. В пределе нужно добиться такой степени безотходности, при которой замкнутость технологических процессов будет соответствовать замкнутости природных геобиохимических процессов при качественном уменьшении энергоемкости. Поэтому при системном подходе параллельно неизбежно будут решаться и экологические проблемы городских территорий и урбанизированных зон. В качестве идеального примера можно привести создание Ачинского глиноземного комбината, где впервые в мире по научным разработкам профессоров Томского государственного университета И. К. Баженова и А. П. Бунтина с 1970-х гг. работает химико-металлургический комбинат, постоянно расширяющий комплексность продукции.

Вопрос об изменении уровня стабильности геосистем под воздействием промышленности, строительства и других отраслей становится все более актуальным. С позиции системного анализа каждая система, вплоть до биосферы, является сложной системой, в которой реальные зависимости между элементами едва ли могут быть описаны линейными функциями. Процессы, протекающие в сложных системах, недетерминированы, большей частью стохастические (вероятностные). При этом между причинно обусловленными элементами таких сложных систем, например, природно-техногенных — ПТС, выявляется большое количество цепей положительных и отрицательных обратных связей. При экспертных оценках ПТС наступает пора отходить от упрощенных и простых оценок: «можно — нельзя», «плохо — хорошо» или «есть стабильность — нет стабильности». Новые возможности зарождаются в фундаментальных и смежных науках с применением термодинамики необратимых процессов, макрокинетики, синергетики, голографической модели вещества. В результате усложняются системы моделей и методов их применения, разрабатываются структуры системного исследования прогнозов и риска негативных быстротекущих природных и техногенных явлений, а также ущербов. Все это уже начинает сказываться на динамике предсказания аварийности, катастроф и связанных с ними жертв и ущербов. Но не очень кардинально, поскольку

по медицинской статистике с 2010 г. в нашей стране наблюдается рост заболеваний именно на урбанизированных территориях.

За последние 25 лет происходят серьезные изменения внутренней структуры городских агломераций. Так, в США особое место в этой структуре занимает пригородная зона крупных городов, которая является наиболее быстро растущей частью городских агломераций и в которой уже проживает более половины жителей США.

С начала 1990-х гг. наблюдается новая стадия трансформации территориальной структуры городских агломераций, в первую очередь в США — это децентрализация трудовых связей, появление поясов «окраинных» городов, выраженная дифференциация прежде монолитной пригородной зоны на зоны ближней и дальней периферии.

Проектирование систем расселения и реализации градостроительных планов сейчас, как и раньше, порой сопровождается жесткой борьбой. На процессы урбанизации, в целом, и на развитие городских агломераций, в частности, как на форму самоорганизации общества оказываются попытки влияния «сверху», управления и даже целенаправленного конструирования. Они известны под названием *Smart Growth* («умный рост») и, как правило, противопоставляются неконтролируемому территориальному росту пригородов с их дешевым и доступным жильем, «поглощающим» многие сотни квадратных километров земли. Вместе с тем есть ученые-урбанисты, экономисты и политологи, которые все чаще критикуют подобные методы, называя их «сдерживанием городов».

Как показывает исторический опыт, между этими двумя путями нет особых противоречий, и необходим консенсус, договоренность. Этот консенсус должен исходить из экологических требований, уважения фундаментальных экологических законов и принципов, а также выявленных на предпроектной и проектной стадии закономерностей развития конкретных ПТС. Все инновации в градостроительстве должны рождаться на основе сочетания традиционных и новых методов, включая системный анализ и методы моделирования рисков (природных экологических, технологических, экономических, социальных), а также анкетирование, систематизированные экспертные оценки. Более того, на всех этапах проектирования необходим тщательный контроль над процессом моделирования: конструктивно оценивать степень условности вводимой исходной информации и осмысливать промежуточные и конечные результаты, а также принимать новые требования жизни.

Накопленный за последние годы опыт построения и проверки абстрактных моделей указывает на большое значение поправочных коэффициентов и модификаций, зависящих от региональных особенностей ПТС. Выявление этих особенностей должно иметь глубокое обоснование с позиции общих теоретических принципов.

Раздел I
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ФАКТОРЫ
И ЭКОГЕОХИМИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ
УРБОСИСТЕМ И ПРИРОДНО-
ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ



Глава 1

ГОРОДА И УРБАНИЗАЦИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ

Человечество столь близко к бездне, что ему необходимо под страхом исчезновения в ней отвечать за каждый шаг на своем пути.

Ф. Сен-Марк [102]

Самые древние останки *Homo habilis* (человека умелого), считающегося древнейшим предком человека, имеют возраст более 2 млн лет. Обнаружены они в Олдувайском ущелье, находящемся в северной Танзании. Человек прямоходящий (*Homo erectus*) и человек разумный (*Homo sapiens*) появились только 1,2 млн и 17 тыс. лет назад, соответственно. Кочевой образ жизни, включающий миграционный механизм преодоления пищевых и ресурсных кризисов, оставил неизгладимый след в биосфере в виде современных пустынь, начиная с Сахары.

1.1. История динамики урбанизации

По археологическим данным первые поселения на Земле начали возникать 12—15 тыс. лет назад в эпоху верхнего неолита, в связи с осознанием необходимости оседлой жизни в условиях расширяющейся Аграрной революции. Неолитические поселения располагались достаточно далеко друг от друга и насчитывали обычно не более 100—150 человек. Вокруг каждого поселения в радиусе не менее 3—4 км биота и природные ландшафты под воздействие строительства, земледелия, скотоводства подвергались трансформации и даже сильной деформации. Но людей было еще так мало (1,0—1,5 млн), и, учитывая примитивный технологический уровень, эти поселения, кажется, не были в состоянии серьезно влиять на традиционные биотические круговороты вещества в биосфере.

Первые города и примитивные урбосистемы (как динамически неустойчивые ПТС, состоящие из абиотических компонентов природной среды, архитектурно-строительных комплексов, биоты, включая человека) появились в третьем тысячелетии до нашей эры, в эпоху рабовладельческого строя. Они соответствовали новым условиям разделения

труда, а также появлению ремесел и торговли. Для жилища или своей локальной среды (ЛОКОС) человек еще использовал естественные пещеры, гроты и т. п. Города с населением уже до 80—100 тыс. населения росли в Египте, по долине Нила, Месопотамии, Сирии, Индии, Малой Азии, Китае. В Греко-римском мире города начали укрупняться почти на порядок. Огромную роль играли Афины (300 тыс.), Карфаген (600 тыс.), Рим (1,0 млн). Ускоренный рост урбанизации в XIX в. способствовал возрастанию концентрации населения в городах, где осуществлялся рост промышленности, транспорта, связи, а также образовательного, культурного уровня общества. Одним из важнейших признаков городского образа жизни является стремление человека к новым знаниям, постоянному обновлению информации и контактов в профессиональной деятельности, в сфере культуры, личностного общения и т. п. Процесс урбанизации имеет во многом объективный характер. Урбанизация способствует повышению эффективности деятельности человека, решает социальные и культурно-просветительские проблемы общества. Урбанизация оказывает огромное влияние на развитие различных социально-экономических формаций и государств, именно с городами связаны основные достижения цивилизации.

На всех этапах своего развития человечество непрерывно воздействовало на среду обитания, в результате чего эта среда (глобальная среда — ГЛОБОС) непрерывно редуцировала, изменяла свой облик. Начиная с середины XIX в. преобразующая роль человека в развитии среды обитания стала существенно возрастать. Этому способствовали высокие темпы роста численности населения на Земле (демографический взрыв) и его урбанизация, рост потребления энергетических ресурсов, интенсивное развитие промышленного и сельскохозяйственного производства, массовое использование средств транспорта, рост затрат на военные цели, технический прогресс и НТР.

Начало экологизации городской среды восходит ко времени первых поселений. Однако до XIX в. тема «человек и природа» исследовались почти исключительно в рамках философии. С середины XIX в., когда появились эпохальные работы Ч. Лайеля, Д. Паджа, Ч. Кингели и, особенно, монография Г. Марша «Человек и природа или о влиянии человека на изменение физико-географических условий природы», начала разрабатываться проблема геологической деятельности человечества в биосфере методами наук о Земле. Уже тогда человечеству, по сути, было определено место в ряду движущих геологических сил как одному из знаковых явлений природы. Но это было до В. И. Вернадского, создавшего в первой четверти XX в. учение о биосфере, а в середине века — концепцию о ноосфере [20].

К середине XX в. на Земле возникли зоны частичной, а в ряде случаев и полной региональной деградации биосферы [28]. Таким образом, в результате активной деятельности человека во многих регионах нашей планеты была разрушена биосфера и создана новая, искусственная среда обитания — техносфера. *Техносфера* — часть биосферы, где

природная среда полностью или частично преобразована человеком при помощи прямого или косвенного технического воздействия.

В XX в. быстрыми темпами шел процесс расширения техносферы и наращивания ее мощности. В табл. 1.1 приведены параметры, характеризующие развитие техносферы за XX в.

Таблица 1.1

Динамика роста техносферы в XX в.

Факторы, их показатели	Начало XX в.	Конец XX в.
Валовой мировой продукт, млрд долл. США за год	60	20 000
Мощность энергопотребления, МВт	1 000 000	10 000 000
Численность населения, млрд чел.	1	6
Потребление пресной воды, км ³ за год	360	4 000
Потребление ежегодного прироста биомассы продуцентов биосферы, %	1	40

Экспоненциальный рост хозяйственной деятельности привел к тому, что биосфера во многих регионах нашей планеты стала активно замещаться техносферой. Данные табл. 1.2 показывают, что на планете осталось мало территорий с ненарушенными естественными экосистемами. В наибольшей степени экосистемы до 1970-х гг. были разрушены в развитых странах — в Европе, Северной Америке, Японии. Здесь естественные экосистемы сохранились в основном на небольших площадях, они представляют собой небольшие пятна биосферы, окруженные со всех сторон нарушенными деятельностью человека территориями и поэтому подверженные сильному техногенному давлению.

Таблица 1.2

Территория Земли, нарушенная хозяйственной деятельностью

Континент	Территория, %	
	Ненарушенная	Полностью нарушенная
Вся суша	51,9	36,3
Европа	15,6	64,9
Азия	43,5	29,5
Африка	48,9	15,4
Северная Америка	56,3	29,4
Южная Америка	62,5	15,1
Австралия	62,3	12,0
Антарктида	100,0	0,0

Техносфера — детище человеческой цивилизации — постепенно замещает собой биосферу. Новые, по сути, техносферные условия обитания человека сформировались в крупных городах и промышленных центрах.

Все большее количество людей испытывают на себе эти условия существования благодаря процессу урбанизации. Приведем данные о темпах урбанизации населения Земли:

Год	1880	1950	1970	1984	2000
Городское население, %	1,7	13,1	17	50	80

Поскольку на сегодняшний день не известно другого источника ресурсов для роста хозяйственной деятельности человека, кроме природных, развитие техносферы осуществлялось за счет разрушения природной среды и вытеснения естественных экосистем биосферы.

Достижения материальной деятельности и духовного развития в городе достаточно быстро становятся объектами освоения сельским населением. Особую роль в расширении сферы влияния урбанизации выполняют современные средства массовой коммуникации (телевидение, радио, печать) и средства транспорта.

Урбанизация, развивающаяся с учетом экологических законов и принципов, а также функционирующей вертикали правового законодательства, в принципе в состоянии гармонизировать взаимодействие социальных и собственно природных процессов.

На современном этапе наблюдается тенденция к развитию больших городов, мегаполисов и агломераций с многоуровневой структурой и сложными связями (табл. 1.3).

Таблица 1.3

История урбанизации (эволюции поселений)

Вид поселения	Характеристика поселения (его примеры)	Время возникновения
Поселок	Поселение на 50—100 человек (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. человек, площадью 5—8 км ² (города в Шумере)	Около 3500 г. до н. э.
Крупный город	Город с населением свыше 1 млн человек (Рим)	44—10 гг. до н. э.
Мегаполис	Город с населением свыше 10 млн человек 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.

Вид поселения	Характеристика поселения (его примеры)	Время возникновения
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

Здесь и остатки природы (скверы, родники, речки, озера, рекреационные зоны), сохранившиеся или реабилитированные под влиянием процессов социализации, включая очистку атмосферы, поверхностных вод, облагораживание зеленых зон, становятся частью городской культуры.

Но мы только осознали физическую ограниченность биосферы, начали осознавать место человека в природе, и потому еще многое нужно исправлять, особенно в урбанизированных зонах, где противоречия между человеком и природой уже достигли критической отметки. Причем чем крупнее наш город, тем больший вред от него природе. В городах и остатки природы загрязнены сверх меры, и много социальных проблем, типа трущоб, безработицы и преступности. Некоторые считают, как и урбанист-грек К. Доксиадис, что «человек потерпел поражение в городах», а российский эколог М. Гершензон доказывает, что «крупные города по сей день являются лишь паразитами биосферы, если ценить их с точки зрения того, что называется “жизненными ресурсами (воздух, вода, пища)”».

В резолюции конгресса Всемирной ассоциации мегаполисов уже в 1987 г. отмечалось, что крупнейшие города, являясь центрами сосредоточения интеллектуальных и культурных ценностей, предоставляя большие возможности для развития здравоохранения и т. п., сталкиваются в своем функционировании со значительными трудностями, и что город, который раньше считался основным двигателем экономического и социального прогресса, скорее является его тормозом.

Рост городского населения начиная со второй половины XX в. стал настолько стремительным, а концентрация и интенсификация производственной и непроизводственной деятельности такой высокой, что окружающая среда многих городов уже не в состоянии удовлетворять биологические и социальные потребности их жителей. Горожане получают на 15 % меньше солнечных лучей летом и на 30 % зимой, на 10 % больше осадков, на 10 % больше облачных дней, на 30 % больше туманов летом и на 100 % зимой. Города все больше изменяют природные ландшафты, дают 80 % всех выбросов в атмосферу и 3/4 общего объема загрязнений; все города мира ежегодно выбрасывают до 3 млрд т

твердых отходов, свыше 500 млрд м³ промышленных и бытовых отходов, около 1 млрд т аэрозолей; загрязняющее и тепловое воздействие больших городов прослеживается на расстоянии около 50 км. Однако, по нашему мнению, опыт стран экономического ядра, начавшийся с противозагрязнительной программы в начале 1970-х гг., доказывает возможность научного решения проблем.

Все это показывает исключительную актуальность дисциплины и сложность ее интегративного характера, особенно для нашей страны. Недаром экономический и социальный Совет ООН считает проблемы развития городов самой важной из проблем, стоящих перед человечеством, после военных. Решение их возможно в течение двух десятилетий, но на основе научно обоснованных социальных и экономических методов реабилитации компонентов ПТС, вырабатываемых с учетом учения о ноосфере академика В. И. Вернадского и Концепции устойчивого развития, принятой ООН в 1992 г., которые положены в основу федеральных законов и подзаконных актов с целью экологического контроля хозяйственной деятельности на всех этапах жизненного цикла инноваций, начиная с предпроектной и проектной стадий. Подтверждением этого являются Указы Президента РФ от 01.04.1996 № 440 «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» и Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденные Президентом РФ 30.04.2012.

Теоретическую и методологическую базу дисциплины в части разработки качества техносферы и ее трансформации под воздействием урбанизации составляют авторские исследования А. В. Мананкова [53—57; 59—71], развивающие научные идеи В. И. Вернадского и биосферную концепцию мирового развития (К. Я. Кондратьев, В. К. Донченко, К. С. Лосев), а в области структуры городов и городских агломераций, их планирования — труды российских ученых: В. В. Владимирова, В. М. Гохмана, Д. В. Кузнецова, Г. М. Лаппо, А. В. Никифорова, Е. Н. Перцика, В. В. Покшишевского, Н. А. Слуки, Л. В. Смирнягина, М. Г. Соловьевой, А. Н. Тетиора, В. М. Харитоновой, С. Б. Чистяковой, Е. С. Шоминой и зарубежных специалистов в области урбанистики: Ж. Гарро, Д. Гиббс, Д. Джекобс, К. Джексон, У. Кокс, Ж. Коткин, Р. Лэнг, М. Орфилд, Н. Пирс и др.

Ноосфера — продукт взаимодействия человека с природой, она включает в себя биосферу и охватывает доступные части лито-, гидро- и атмосферы. Понятие это было введено в науку Э. Леруа и П. Тейяром де Шарденом [148]. Его существенно развил В. И. Вернадский, вложив конкретное материалистическое содержание. Он указывал, что «ноосфера — последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории — состояние наших дней». И далее: «Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу, в новый геологический процесс». Таким

образом, ноосфера это — «...высшая стадия биосферы, связанная с возникновением и развитием человечества, которое, познавая законы природы и совершенствуя технику, начинает оказывать определяющее влияние на ход процессов в охваченной его воздействием сфере Земли, глубоко изменяя ее своей деятельностью» [19].

Биосферная концепция мирового развития исходит из гипотезы о существовании порога устойчивости биосферы, после достижения которого система разрушается, а самоорганизация и биологическая регуляция в ней становятся проблематичными. По такому раскладу, биосфера сохраняет устойчивость пока потребление продукции биоты человечеством не превышает 1 % (доминирующая часть — 99 % расходуется на стабилизацию). Экологи полагают, что этот рубикон был пройден еще в начале XX в., а теперь потребляется уже 6—8 % продукции биоты. Отсюда, экологизация городов и городской среды — это уже изрядно запоздалая реакция общества, ее нужно активизировать всемерно, так как она позволит сохранить человека в биосфере.

1.2. Техногенез — как один из главных геологических процессов

С появлением в первой четверти XX в. новой науки геохимии о миграции и концентрации химических элементов в природе почти сразу было обнаружено, что масштабы воздействия человека на окружающую среду огромны. А. Е. Ферсман, введя понятие *техногенеза*, в 1933 г. писал: «Хозяйственная и промышленная деятельность человека по своему масштабу и значению сделалась сравнимой с процессами самой природы. Природные геохимические законы распределения и концентрации элементов сравнимы с законами технохимии, т. е. с химическими преобразованиями, вносимыми промышленностью и народным хозяйством. Человек геохимически переделывает мир» [126].

Техногенез представляет собой действительно полноправный геологический процесс. Все большими темпами извлекаются из недр и пускаются в переработку громадные количества химических элементов, что влечет за собой их интенсивное перераспределение на земной поверхности. Не меньшее значение в перераспределении элементов имеют сельскохозяйственная деятельность и лесоразработки с их активным влиянием на растительный покров и почву. Большое воздействие на состав и распределение вещества, особенно водных масс, оказывают также и инженерные работы. Ежегодно добывается свыше 100 млрд т минерального сырья, в процессе горных, добычных и строительных работ за год перемещают не менее 1 км³ пород, что сравнимо с денудационной работой рек. Длина берегов искусственных водохранилищ в бывшем СССР достигает 40 тыс. км, протяженность магистральных оросительных каналов — 300 тыс. км, магистральных трубопроводов — 200 тыс. км. Общая протяженность железных дорог мира равна 1400 тыс. км. Площадь орошаемых земель приближается к 200 млн га.

Следует подчеркнуть, что 1 км трубопровода нарушает 4 га растительного и почвенного покрова, а 1 км дороги — 2 га. В результате сжигания ископаемого топлива в атмосферу ежегодно выбрасывается 30 млн т взвешенных частиц, к ним добавляется 15 млн т выбросов промышленных предприятий. Запыление атмосферы происходит также в результате быстрого опустынивания территории из-за вырубки леса. По оценке ООН, ежегодно только в Средиземное море попадает 10 млрд т промышленных и бытовых отходов.

Таким образом, **техногенез** — процесс трансформации природных комплексов биосферы под воздействием возрастающей по экспоненте производственной деятельности человека [144—151; 153]. Современная урбоэкология изучает более широко, включая и роль демографических проблем, создающих еще один негативный фактор — антропогенный. **Антропогенное воздействие** (*anthropogenic effect*) — общее воздействие на компоненты экосистем и биосферы человеческой популяции как биологического вида. Оценивается различными количественными коэффициентами и показателями [66, 72].

Суммарное количество ежегодно добываемых металлов и металлов, рассеиваемых в атмосфере промышленными предприятиями, превышает их количество, выпадающее с атмосферными осадками и входящее в состав континентальной пыли и вулканических выбросов.

Перераспределение отдельных металлов в результате промышленной деятельности человека происходит весьма контрастно и по отношению ко всей их мигрирующей массе составляет от почти 90 % для Си до 1 % для распространенного в коре породообразующего Al. Из общего количества перемещаемых металлов антропогенное воздействие для 2/5 из них составляет от 44 до 86 %, для 1/5 — от 26 до 36 % и для 1/3 — от 8 до 17 %. В первую группу входят цветные металлы и серебро.

Кларк — важнейшая константа, определяющая поведение химического элемента во всех геологических процессах, неизбежно ведущих к дифференциации вещества Земли, к дифференциальному перемещению компонентов [66]. А. И. Перельман обратил внимание на зависимость размера добычи металла от кларка и ввел понятие **технофильности элемента** T , выражаемое через отношение его ежегодной добычи D к кларку в земной коре K , т. е.

$$T = D/K.$$

Кларк определяет степень накопления металлов в рудных месторождениях [80]. Зависимость от кларка проявляется и в техногенных (антропогенных) процессах. Они подчиняются тем же законам природы, что и процессы, проходящие без вмешательства человека, поскольку совершаются в той же природной среде, где действует единый закон дифференциации. Л. Н. Овчинников установил прямую пропорциональность кларку как добываемых количеств металла (D),

так и количеств, обратно рассеиваемых промышленными предприятиями (рис. 1.1).

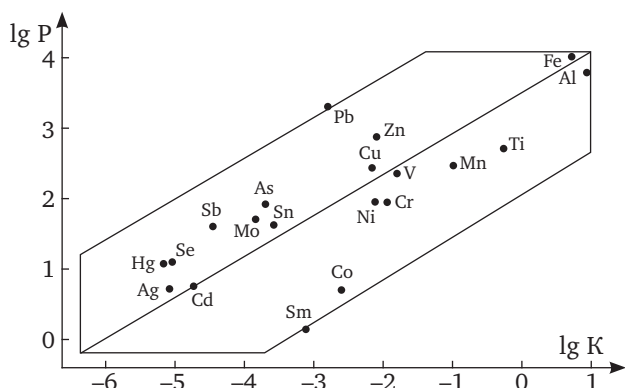


Рис. 1.1. Зависимость количеств металлов, ежегодно рассеиваемых промышленными предприятиями (P) от их кларков в земной коре (K)

В обоих случаях наблюдается отчетливая положительная корреляция. Количество металлов, перераспределяемых в результате деятельности человека, превышает их количества, перемещаемые природными процессами выветривания и вулканизма, вместе взятых. Техногенные и антропогенные процессы равноправно участвуют в цикле круговорота вещества, затрагивающего все внешние сферы Земли, доступные нашему исследованию. В геохимии для токсических элементов (As и др.) созданы модели их биогеохимического цикла миграции с количественными данными перемещения этих элементов от сферы к сфере. И. Торнтон и другие исследователи обращают внимание на большое влияние бактерий на круговорот металлов. Свободно живущие, связывающие азот бактерии способны адаптироваться к высоким концентрациям тяжелых металлов. Их содержание в почвах составляет 10^6 — 10^9 на грамм.

1.3. Загрязнение окружающей среды

Понятие ноосферы отвечает разумному взаимодействию человека с природой в связи с потребностями развивающегося общества, направленному на благо самого общества и в то же время на преобразование природы, на ее улучшение. К сожалению, до сих пор воздействие человека на природу представляет собой пример исключительной неразумности. Существование и развитие жизни возможно только в равновесии с окружающей средой. Всякое нарушение этого равновесия влечет за собой неустойчивое состояние живого организма, а затем и его гибель. Нарушение может быть мгновенным — катастрофическим и медленным — эволюционным. Катастрофические нарушения по вине человека локальны, явственно видимы, и их последствия достаточно

эффективно можно иногда ликвидировать. Медленные нарушения равновесия, непосредственно не ощущаемые, с отдаленным кумулятивным нежелательным эффектом приобретают все более глобальный характер и могут быть во много раз более опасными.

А. Е. Ферсман более 50 лет тому назад писал: «Создавая неустойчивые системы, человек направляет свою деятельность против естественно идущих геохимических реакций, с которыми он вступает неизбежно в конфликт». Поскольку это нарушение гармоничного природного равновесия, оно неизбежно таит в себе опасность для человека. Д. И. Менделеев считал: «грязь — это химические вещества не на своем месте». В результате деятельности человека загрязнение окружающей среды приобрело в настоящее время угрожающие размеры. Тревога охватила все развитые страны — главные загрязнители. Появились политические партии «зеленых», вступающие в активную борьбу за чистоту окружающей среды. В буржуазной философии, политэкономии, социологии и футурологии возникли течения («экологический пессимизм», «алармизм»), считающие эту глобальную проблему человечества трудноразрешимой.

В результате техногенного рассеяния химических элементов и их различных соединений вокруг источников загрязнения возникают зоны их аномальных содержаний. Различают *техногенные аномалии* нескольких типов: *глобальные, региональные, городские и локальные*. О степени аномальности, до некоторой степени, можно судить по отклонению содержаний химических элементов от их кларка биосферы и фоновых концентраций.

Содержание основных загрязнителей в природных объектах, фоновых континентальных районов Земли приведено в табл. 1.4, откуда видно, что концентрации основных загрязнителей в воздухе на несколько порядков меньше, чем в атмосферных осадках, а концентрации в последних практически совпадают с концентрациями в поверхностных водах. Концентрации загрязнителей в почвах на несколько порядков выше концентраций их в поверхностных водах. Содержание же загрязнителей в растениях близко к таковому в почвах, т. е. концентрирования приведенных загрязняющих веществ биотой на фоновом уровне практически не наблюдается.

Таблица 1.4

Концентрации основных загрязнителей в фоновых континентальных районах

Вещество	Воздух	Атмосферные осадки	Поверхностные воды	Почва	Растительный материал
	нг/м ³	мкг/л		мг/кг (сухого вещества)	
Свинец	0,2 + 40	0,03 + 40	0,8 + 4	1 + 70	0,2 + 50
Кадмий	0,02 + 1,5	0,01 + 1,5	0,01 + 0,9	0,01 + 2	0,1 + 1
Мышьяк	0,1 + 10	0,02 + 10	0,05 + 10	0,1 + 9,6	0,1 + 1

Вещество	Воздух	Атмосферные осадки	Поверхностные воды	Почва	Растительный материал
	нг/м ³	мкг/л		мг/кг (сухого вещества)	
Ртуть	0,03 + 50	0,01 + 0,5	0,01 + 0,5	0,001 + 0,5	0,001 + 0,5
3,4-бенз(а)пирен	0,01 + 0,8	0,001 + 0,03	0,001 + 0,005	0,0001 + 0,002	0,002 + 0,07
ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан)	0,01 + 2	0,01 + 0,2	0,001 + 0,1	0,003 + 0,1	0,015 + 0,2
ГХЦГ (линдан)	0,005 + 3	0,01 + 0,04	0,001 + 0,05	0,001 + 0,1	0,01 + 0,15

Дополнение: Воздух (мкг/м³): пыль — 5 + 50, озон — 5 + 100, диоксид азота — 0,1 + 10, диоксид серы — 0,2 + 10, сульфаты — 0,3 + 10.

Атмосферные осадки (мг/л): сульфаты — 1 + 5.

Содержание загрязняющих веществ в атмосфере и атмосферных осадках над океанами, как правило, ниже, чем в континентальных районах. Например, концентрации диоксида серы над поверхностью океана всего 0,05 + 4 мкг/м³, а концентрация 3,4-бензпирена в центральной части океанов — 0,06-0,6 нг/м³. Но по мере приближения к портам они возрастают до 2,5 + 3,5 нг/м³.

Исследуется воздействие химических элементов на биоту, в частности, на растения. Некоторые элементы (табл. 1.5) одновременно необходимы для нормального роста растений и в то же время относятся к разряду токсичных, сокращающих при определенных условиях рост растений. Решающими здесь являются предельно допустимые нормативы (ПДК и ПДУ). Влияние концентраций химических элементов на организмы, особенно животных и человека, изучено чрезвычайно слабо.

Таблица 1.5

Химические элементы в растениях

Элементы, необходимые для нормального роста растений		Токсические элементы		
Макропитание	Микропитание	Очень ядовитые, C = 1 ‰	Умеренно ядовитые, C = 1÷100 ‰	Слабо ядовитые, C = 100 ‰
H, O, N, P, Cl, C, K, Ca, Mg	Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo и др.	Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Sn, Co, Ni, Pb и др.	F, S, As, B, Br, Cl, Mn, Sb, Se, Te, V, W, Mo и др.	Br, Cl, I, Ce, N, P, S, Si, Ti, Ca, Cs, K, Li, Mg, Rb, Sr

Анализ современных проблем российских городов с позиций ноосферы [95] в рамках урбоэкологии позволяет наметить следующий иерархический ряд проблем:

- обусловленные ростом неимоверной плотности населения и чрезмерными нагрузками на литосферу города и ее поверхность: изменение рельефа; изменение структуры водосборных бассейнов; изменение свойств литосферы; нарушение целостности, образование карстовых пустот в результате строительных работ;

- связанные с нагрузками на ландшафт: деградация природного ландшафта в городе; деградация природного ландшафта в пригородных зонах, обусловленная чрезмерной посещаемостью лесных и рекреационных зон, отчуждением земель под свалки, коттеджные поселки и автомагистрали; недостаток зеленых массивов и мест отдыха; болезни растений, обусловленные изменением состава почв, загрязнением атмосферы и гидросферы, необходимость создания оптимального «городского» видового состава растительности;

- связанные с водоснабжением: значительные изменения водного баланса; чрезмерная эксплуатация водных ресурсов и связанные с ней изменения гидрологической и гидрогеологической обстановки; влияние на окружающую среду искусственных водоемов; влияние хозяйственной деятельности на состояние поверхностных питьевых источников и охрана их от загрязнения; взаимовлияние поверхностных и подземных вод, изменение качества водоисточников;

- связанные с загрязнением атмосферы: кислотные осадки; «остров тепла»; запыленность атмосферы и т. п.;

- образования и утилизации твердых бытовых отходов;

- влияния электромагнитного излучения, шума, вибрации, светового и информационного загрязнений;

- связанные с функционированием городских сетей (транспорт, водо-, тепло-, газо- и энергоснабжение, канализация и др.).

Эти проблемы углубляются с переходом города на стадию образования городской агломерации — новый этап во взаимоотношениях города и природы, характеризующийся не только количественным ростом населения, но и большими изменениями природной среды, распространением техногенных нагрузок на обширную территорию, интенсивным замещением естественных природных комплексов урбокомплексами. Радиусы воздействия городских агломераций в десятки раз больше, чем их собственный. В результате возникают своеобразные искусственные зоны с экстремальными экологическими условиями [86].

В России уже сложился целый ряд городских агломераций: Московская, Воронежская, Саратовская, Красноярская. Больше всего их на Урале и в Поволжье. По существу вся европейская часть страны без севера и редко заселенных районов Прикаспийской низменности представляет собой зону сплошного заселения.

Развитие городов России в XX в., периоде наиболее бурной урбанизации, определялось не только спецификой исторических условий формирования городской среды, особенностями роста населения и промышленности, трудностями, связанными с общественными катаклизмами, но и целым рядом других факторов. Так, например, с точки зрения необходимых энергозатрат большинство российских городов располагаются в неблагоприятных климатических условиях. К тому же, в географическом поясе, в котором находится наша страна, способность природных биологических систем к самовосстановлению значительно ниже, чем в более теплых зонах; зеленые насаждения, микробиологические системы в водоемах и почве работают не более 5—6 месяцев в году. Все это, особенно в городах с высокой плотностью населения, затрудняет поддержание необходимого качества окружающей среды и увеличивает цену поддержания экологической безопасности.

Свой вклад в неблагоприятную экологическую ситуацию внесли директивный подход к размещению промышленных предприятий, недостаточно проработанный выбор места их расположения, гипертрофированное развитие тяжелой промышленности в крупных городах [9, 17, 18, 45, 49, 50].

1.4. Глобальные техногенные аномалии

Глобальные аномалии захватывают в атмосфере большие пространства. Химические элементы и их соединения, попадая в атмосферу в виде газов и твердых пылевидных частиц, потоками воздуха быстро разносятся на многие сотни и тысячи километров. К таким аномалиям, в первую очередь, относятся так называемые кислотные дожди, а также аномалии радиоактивных элементов, вызванные ядерными взрывами.

Возникновение кислотных дождей связано с выбросом в атмосферу диоксида серы и оксидов азота электростанциями и другими промышленными предприятиями. В мире ежегодно выбрасывается около 150 млн т диоксида серы. В нашей стране наибольшее количество диоксида серы поступает с газовыми выбросами теплоэлектростанций (50 %), остальное приходится на цветную (15 %) и черную (9 %) металлургию, отопление (9 %), машиностроение (6 %); 5 % поступает в результате трансграничных переносов. На больших высотах эти выбросы претерпевают химические изменения, переносятся на значительные расстояния и затем выпадают на землю в виде кислотных дождей, снега, тумана и пыли.

Кислотные дожди представляют собой слабый раствор серной, сернистой и азотной кислот, которые образуют на поверхности сульфаты и нитраты, активно воздействующие на живые организмы. Так, в результате выпадения кислотных дождей из почвы высвобождается Al, который в значительных количествах проникает в водоемы с питьевой водой. Наибольший вред Al приносит при недостатке Ca и Mg. В этом

случае он вступает в соединение с белками, проникает в клетки и нарушает биологические процессы. Гибель деревьев в ФРГ и Швейцарии и рыбы в озерах скандинавских стран связывают не с кислотными дождями непосредственно, а с высвобождающимся при их выпадении Al. Растворенный в воде Al приводит к смерти почечных больных, при лечении которых применяется диализ. Он же вызывает старческое слабоумие. Из-за роста кислотности водоемов под угрозой оказались многие озера на востоке США; на севере Норвегии озера на площади 13 тыс. км² уже остались без рыбы, в озерах на площади 20 тыс. км² продуктивность рыбы значительно упала.

Ветрами токсические вещества приносятся даже в Арктику. Здесь, поступая в воду, они попадают в организм рыб и тюленей и соответственно белых медведей. Таким образом, проблема наиболее массового загрязнителя — диоксида серы состоит не только в опасном повышении его концентрации на месте выделения, но и в явлении постоянно действующего трансграничного переноса.

Концентрация в атмосфере таких газов, как пероксид азота, оксид и диоксид углерода, метан и трихлорэтан ежегодно увеличивается на 7 %, что связано с хозяйственной деятельностью человека. Производство, использование и выброс хлорированных и фторированных углеводородов также повсеместно увеличиваются. Многие из этих газов сохраняются в атмосфере столетиями. Метан, являющийся основным компонентом природного газа, выделяется при разложении органических веществ и накапливается в нижних слоях атмосферы. Основными его источниками служат экскременты животных (навоз), разлагаемые бактериями, а также рисовые поля, где интенсивно протекают процессы разложения органических веществ с участием различных бактерий.

Повышение концентрации углекислого газа в атмосфере вызвано, в первую очередь, уменьшением площади лесов и сжиганием минерального топлива. Аммиак, образующийся из навоза домашних животных, способствует возникновению кислотных дождей. Высокая концентрация аммиака в воздухе может ускорить окисление диоксида серы с образованием ионов сульфата, которые являются основным источником закисления почв и грунтовых вод. Особенно высока концентрация в воздухе аммиака над территорией Дании, где животноводство развивается наиболее интенсивными методами. Минимум 2/3 аммиака, содержащегося в атмосфере над Европой, образуется из отходов животного происхождения, другим его источником являются минеральные удобрения и естественная эмиссия.

Человеческое воздействие затрагивает даже озоновый слой атмосферы, начинающийся на высоте 10 км. Слой озона задерживает основную часть жесткого космического излучения, губительного для всего живого. Наибольшую угрозу озоновому слою создают хлорированные и фторированные углеводороды, применяемые в качестве пропеллентов в аэрозольных упаковках, хладагентов в холодильниках и в производстве пенопластов. Истощение озонового слоя даже на 2,5 % с годами

может привести к широкому распространению ряда заболеваний, а также причинить вред посевам и рыбным ресурсам. В равновесии все хорошо на своем месте. В верхних слоях атмосферы озон предохраняет жизнь на Земле, в нижних — его появление наносит вред. В частности, наряду с другими загрязнителями, гибель лесов в Швейцарии связывают и с озоном, который выделяется из загрязняющих воздух веществ под воздействием ультрафиолетовых лучей. Загрязнение атмосферы снижает урожайность. В США пять веществ — озон, пероксиацетилнитрат, оксиды азота, диоксид серы и фториды — обуславливают 90 % ущерба. Все они попадают в атмосферу в результате сжигания топлива. В ФРГ привлекает внимание озон, образующийся при взаимодействии оксидов азота и углеводорода с кислородом воздуха. Он повреждает листья деревьев и вызывает потерю Mg и Ca, которая ускоряется под воздействием кислотных дождей.

В последние годы в биосферу ежегодно выбрасывается 200 млн т монооксида углерода (угарного газа), свыше 50 млн т оксидов азота, более 50 млн т различных углеводородов, и свыше 250 млн т мелкодисперсных аэрозолей. Современный металлургический завод на каждый миллион тонн стали выделяет в окружающую среду: пыли — 100 тыс. т, CO₂ — 30 тыс. т, диоксида серы — 8 тыс. т, NO_x — 3 тыс. т, H₂S — 1 тыс. т, HCN — 50 т, HCl — 40 т, шламов — 30 тыс. т, шлаков — 800 тыс. т.

Особое место в загрязнении окружающей среды и во вредном воздействии на человека занимают металлы. Большое количество металлов поступает в атмосферу, а затем в воды и почву в результате деятельности различных предприятий, а также при сжигании топлива. Это прямое и эффективное загрязнение сопоставимо с добычей металлов, иногда оно превышает его вдвое. Из общего извлекаемого количества металла, например, селена рассеивается свыше 90 %, более 60 % мышьяка, 55 % ртути, более 1/3 Ti, Al, Sb, Ag, Mo, Pb. Большинство этих элементов токсично, безвредность остальных не установлена. Металлы в почве или воде не разлагаются под воздействием бактерий, и их невозможно обезвредить химическими методами. Практически металлы могут циркулировать неопределенное время, накапливаться в нежелательных для организмов ловушках. Поэтому реально существуют только два принципиальных способа уменьшения загрязнения окружающей среды металлами: уменьшение концентрации до безопасного уровня и предотвращение попадания их в экосистемы.

Борьбе с загрязнением окружающей среды придается все большее значение, она охватывает различные направления и становится все шире. Еще Д. И. Менделеев писал, что в химии нет отходов, а есть неиспользованное сырье. Проблема безотходного производства, разработки безотходных технологических процессов — дальнейшее развитие идей В. И. Вернадского о ноосфере — сейчас главное направление хозяйствования.

Ярким примером загрязнения окружающей среды является металлургическое производство на базе известного медно-никелевого место-

рождения Седбери в Канаде (аналог Норильского комбината с 30-километровой зоной бэдлэнда). Дымовая труба завода в Коппер Клиф имеет высоту 380 м и выбрасывает 35 тыс. т диоксида серы в сутки. Шлейф от трубы поднимается почти на 1 км, распространяясь затем на сотни километров. Концентрация сульфатов в 120 озерах, лежащих вокруг, обнаруживает четкую обратную зависимость от расстояния до завода ($K = -0,86$).

В рудах Седбери содержание селена колеблется от 20 до 80 мг/г. При добыче и плавлении в атмосферу переходит около 2 т селена в день. В пределах 30-километрового радиуса концентрация селена в водах озер колеблется от 0,1 до 0,4 мг/л, во взвеси озер — от 2 до 6 мг/г. Профили распределения селена в озерных осадках обнаруживают параллелизм с историей медно-никелевого производства. Ежегодный сток Рейна, одной из наиболее загрязненных рек мира, несет 2,5 тыс. т Pb, 2,1 тыс. т Cu, 0,8 тыс. т As, 0,2 тыс. т Cd.

1.5. Городские и локальные техногенные аномалии

Планомерные геохимические исследования объектов ноосферы показали большую важность и эффективность прикладной геохимии и на этих уровнях. Геохимические методы успешно применяют для решения следующих задач: выявление источников загрязнения окружающей среды промышленными выбросами, изучение бытовых и промышленных отходов, их оценка как загрязнителей окружающей среды и потенциальных источников вторичных ресурсов ценных химических элементов; картографирование зон их воздействия; установление локальных очагов интенсивной нагрузки токсичных химических элементов и их соединений; оценка состояния почв и растительности в связи с воздействием на них выбросов, использованием бытовых и промышленных отходов в качестве удобрений; установление источников загрязнения природных вод и зон их влияния; оценка эффективности водоочистных мероприятий; выявление контингентов населения с повышенным риском заболеваний в связи с установленными при геохимическом картировании локальными и региональными аномалиями загрязнения.

Опыт применения в этой области традиционных геохимических методов свидетельствует о возможности их широкого использования для контроля за состоянием среды (мониторинга), получения научно-методических материалов по формированию зон загрязнения и оценке взаимосвязей между различными компонентами среды (включая живые организмы), а также для решения разнообразных практических задач, важнейшая из которых — выявление вторичных источников многих ценных металлов. Утилизация их, наряду с положительным экологическим эффектом, равносильна открытию и разработке промышленных месторождений