

Приволжский исследовательский медицинский университет
Кафедра биологии

Н. И. Зазнобина, И. Н. Калашников

ОСНОВЫ УРБОЭКОЛОГИИ

Учебное пособие

Нижний Новгород
2021

УДК 574(075)

ББК

3000

Авторы:

Н. И. Зазнобина – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии Института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО «Нижегородский исследовательский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»;

И. Н. Калашников – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, и.о. зав. кафедрой биологии ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России

Рецензенты:

Е. А. Ерофеева – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры экологии Института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО «Нижегородский исследовательский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»;

М. Л. Бугрова – доктор биологических наук, доцент, и.о. зав кафедрой гистологии с цитологией и эмбриологией «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России

Рекомендовано к изданию Центральным методическим советом Приволжского исследовательского медицинского университета (протокол № от 26 апреля 2021 г.).

3000 Зазнобина, Н. И.

Основы урбоэкологии: учебное пособие / Н. И. Зазнобина, И. Н. Калашников. – Издательство Приволжского исследовательского медицинского университета, 2021. – 100 с.

ISBN 978-5-7032-0000-0

Учебное пособие разработано в соответствии с действующей рабочей программой по дисциплине «биология» и содержит информацию об основах общей экологии, проблемах, возникающих в связи с урбанизацией и антропогенной нагрузкой на природные экосистемы. Рассматриваются вопросы взаимоотношений города и человека, состояния урбоэкосистем и их загрязнения, а также влияния трансформированной городской среды на здоровье человека. Отдельно приведена методика расчета риска развития неинфекционных заболеваний при воздействии канцерогенных и неканцерогенных факторов окружающей среды.

Данное пособие подготовлено в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования и предназначено для обучающихся по основной профессиональной образовательной программе высшего образования – программе специалитета «Лечебное дело».

Учебное пособие может быть рекомендовано студентам медицинских высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Лечебное дело», а также студентам-биологам и студентам-экологам высшей школы.

УДК

ББК

© Зазнобина Н. И., Калашников И. Н., 2021

© ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, 2021

ISBN 978-5-7032-0000-0

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Урбоэкология как наука.....	7
Глава 2. Специфика подходов смежных научных дисциплин к изучению городов	9
Глава 3. Характеристика городов	12
Глава 4. Город как экосистема.....	18
Глава 5. Особенности микроклимата городской среды	29
Глава 6. Растительный и животный мир городов	33
Глава 7. Экологические проблемы городов	39
7.1. Современные <i>природно-ландшафтные</i> проблемы.....	40
7.2. Современные ресурсно-хозяйственные проблемы	44
Глава 8. Аспекты видеоэкологии.....	62
Глава 9. Влияние городской среды на здоровье населения.....	66
Глава 10. Оценка экологического риска здоровью населения	73
Тестовые задания.....	91
Ответы к тестовым заданиям	98
Список использованной литературы.....	99

Введение

Экологические проблемы тесно связаны с появлением на планете человека – постоянно преобразующего окружающую природную среду и завоевывающего все новые и новые ареалы для своего обитания. Самое примитивное орудие и самое простое жилище наносили ущерб окружающей среде, так как для их изготовления и строительства человек должен был использовать природное сырье и материалы. Вместе с развитием человеческой мысли расширяется и область человеческой деятельности, ставшей, по выражению В.И. Вернадского, «новой геологической силой», влияющей практически на все процессы, происходящие в живой и неживой природе.

Тысячелетия работает человеческий разум для того, чтобы создать наиболее благоприятные условия для существования. Многие годы человек создавал тот привычный для нашего времени «дом», так называемую «искусственную среду обитания», которая для человека вполне естественна, так как появилась и развивалась вместе с ним. Человеческая мысль никогда не останавливалась на достигнутом, ставя перед собой все новые и новые задачи, создавая все новые вещи, предметы, механизмы и машины, которые облегчают жизнь.

Но с изобретением первых машин и ростом промышленности, которые потребовали колоссального количества природных материалов и сырья: древесины, каменного угля, железной руды появились первые признаки нового, грядущего испытания. Увеличились объемы промышленных отходов, загрязняющих природные системы новыми, не встречавшимися ранее в природе соединениями. Ухудшились санитарно-гигиенические условия в быстро растущих городах, окруженных бессистемной промышленно-жилой застройкой, перегруженных транспортом и людьми, которые стремительно теряли участки зелени и доступ к солнечным лучам.

Вместе с новыми техническими идеями и изменениями условий существования человека появились новые направления в науке, в частности в естествознании, заставившие по-новому взглянуть на место человека и его деятельность в окружающем мире. Так, в 1866 году Эрнстом Геккелем был научно обоснован новый раздел в биологии «экология» и дано первое определение: «Под экологией мы понимаем общую науку об отношениях организмов с окружающей средой, куда мы относим в широком смысле все условия существования». С развитием научной мысли экология приобрела более глобальное значение как научная область, изучающая взаимоотношения живой и неживой (косной) материи, доказывающая их взаимозависимость, динамичность и взаимообусловленность. Впоследствии из отдельной науки экология превратилась в область научного знания, имеющую междисциплинарный характер.

В последние десятилетия все большее значение стало придаваться прикладным направлениям экологических исследований, которые способны не только выявлять и констатировать характер происходящих изменений, но и находить реальные выходы из надвигающегося экологического кризиса. Все больший интерес ученых и специалистов, работающих в разных областях научного знания, стало вызывать изучение закономерностей развития и функционирования городских систем, так как именно города в настоящее время являются главными «потребителями» природных ресурсов и основными источниками загрязнителей (в широком смысле понимания этого слова).

Главной формой расселения людей в современном мире являются города. В пределах городов, занимающих всего около 2,5–3% площади суши, проживает 3/4 всего населения планеты. Город – это особый мир, особая среда обитания человека – городская среда, которая полна противоречий.

С одной стороны, жизнь в городе дает людям огромные возможности реализовать себя в сфере труда, образования, досуга, общения.

Большинство шедевров мировой материальной и духовной культуры, высшие достижения человечества сосредоточены в городах. С другой стороны, можно с полной уверенностью утверждать, что именно города являются в настоящее время территориальными фокусами экологических проблем современности. И в то же время города были и остаются закономерной и целесообразной формой организации жизни людей. Несмотря на присущие им недостатки, города не только не потеряли своего значения в жизни общества, но и значительно упрочили свои позиции, что выражается в усилении влияния городов и городского образа жизни на все сферы жизнедеятельности современного человека.

Изучение города как объекта экологических исследований чрезвычайно многообразно:

- город в медицинской экологии рассматривается как среда жизнедеятельности человека;
- города являются объектами культурологических исследований как носители исторической информации;
- города изучаются как объекты управления в формирующейся градостроительной экологии, которая изучает принципы, методы и формы управления эколого-градостроительными системами;
- город – источник визуальной информации, объединяющей эстетику, психологию восприятия, физиологию зрительного восприятия
- город – форма материально-пространственной организации общества изучается экономической экологией, которая объединяет экологию, экономику, природопользование, географию;
- город рассматривается как экосистема, в которой естественные биогеоценозы заменены урбацинозами;
- города рассматриваются как элементы единых систем расселения, вступающие во взаимодействие с природными системами на общепланетарном глобальном уровне. В таком аспекте города изучает урбоэкология.

Глава 1. Урбоэкология как наука

Урбоэкология (от лат. *urbus*—город; *oikos* – дом; *logos* – учение) – одно из прикладных направлений современной экологии в последнее время становится все более актуальным. Крупные промышленные города превращаются в центры острейших экологических проблем. Прогрессирующая урбанизация ведет к очевидным негативным последствиям: загрязнению городской среды, неконтролируемому росту отходов производства и потребления, деградации растительности и как следствие - ухудшению здоровья населения, проживающего в урбанизированных районах. Заболеваемость населения отражает весь спектр неблагоприятных экологических последствий, происходящих в среде обитания.

Урбоэкология – это комплекс градостроительных, медико-биологических, географических, социальных, экономических и технических наук, которые в рамках экологии человека изучают взаимодействие производственной и непроизводственной деятельности людей с окружающей природной средой на территории населенных мест и их систем.

Целью урбоэкологии является поиск путей и разработка решений в рамках градостроительства и организации территории в более широком смысле этого слова, направленных не только на обеспечение приемлемых гигиенических условий жизни населения, но и на всемирную рационализацию природопользования, охрану окружающей природной среды и экологизацию важнейших социально-экономических процессов в пределах регионов, городских агломераций, городов и отдельных их частей.

Объекты урбоэкологии – это системы расселения разного ранга, городские агломерации, города, сельские населенные пункты, городские районы, жилые микрорайоны и кварталы вплоть до отдельных зданий и сооружений.

Предмет урбоэкологии составляют исследования процессов взаимодействия урбанизированной и природной среды, а также разработка градостроительных предложений, направленных на охрану здоровья населения городов и других поселений, охрану литосферы, гидросферы, атмосферы и биоты от негативного воздействия урбанизации и городской застройки.

В урбоэкологии исследуются «местные» территориальные проблемы на разных планировочных уровнях. Рассматриваются частные и интегральные отрицательные факторы, возникающие в неживой и живой природе в результате таких преобразований, как:

- отчуждение территорий в результате роста городов и зон их влияния;
- перераспределение атмосферных стоков, изменение режимов функционирования поверхностных вод, рек и водоемов;
- интенсивное потребление промышленностью полезных ископаемых и других ресурсов неживой природы;
- нарушение геологического строения местности и гидрологических режимов;
- засорение вредными отбросами атмосферы, грунтов, поверхностных и подземных вод;
- частичная или необратимая деградация живой природы, флоры и фауны;
- нарушение сложившихся социальных условий жизнедеятельности коренного населения.

Отличие урбоэкологии от инженерной заключается в том, что предметом дисциплины является не отдельное предприятие, а территориальные комплексы и системы населенных мест. Таким образом, изучается территориально-градостроительное природопользование.

Глава 2. Специфика подходов смежных научных дисциплин к изучению городов

В начале 1960-х гг. американский архитектор и урбанист Кевин Линч (K. Lynch) провел серию исследований о восприятии различными людьми одного и того же города. Основой для них послужили интервью об образах центральных частей Бостона, Лос-Анжелеса, Нью-Джерси. Было выделено 5 основных частей города:

- *пути (paths)* – это так называемые каналы, по которым движется наблюдатель (улицы, пешеходные дорожки, транзитные линии, каналы и железные дороги);

- *края (edges)* – это границы между двумя фазами, линейные разрывы в непрерывности (берега реки, выемки железных дорог, края застройки и стен);

- *районы (districts)* – это большие городские районы, в которые наблюдатель может мысленно проникнуть. Физические характеристики, определяющие районы: текстура, пространство, форма, деталь, символ, тип здания, использование, деятельность, жители, степень обслуживания, топография;

- *узлы (nodes)* – это стратегические очаги (перекрестки, станции метро, железнодорожные станции, городские площади);

- *земли (landmarks)* – это точечные ссылки, которые находятся вне наблюдателя, а простые физические элементы различаются по масштабу.

В реальном случае ни один из этих элементов не изолирован друг от друга. Районы структурированы узлами, обозначенными краями, пронизанными дорожками и усыпанными достопримечательностями. Эти элементы являются сырьем для создания экологического образа в масштабе города.

К. Линч сделал предположение, что образом города является общий ментальный рисунок, восприятие которого зависит от целого ряда причин, в числе которых возраст, социальное положение, статус, уровень

образования. Американский социальный психолог С. Майлгрэм (S. Milgram), пытаясь объяснить причину данного феномена, пришел к выводу, что ментальные карты основываются на личном опыте, интересах и собственных знаниях о социально значимых «важных зонах» города.

Урбоэкология, являясь междисциплинарным научным направлением, опирается на гигиенические исследования (учет предельно допустимых нормативов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, воде, почве; зонирование территории, в т.ч. установление санитарно-защитных и водоохраных зон), географические исследования (методы физической географии (климатология, метеорология, биогеография), ландшафтоведение, геохимия ландшафтов, разделы экономической и медицинской географии, географии природных ресурсов, населения и др.), социологические исследования (город рассматривается по двум направлениям: ценностному (позитивное и негативное) и аналитическому (микро- и макромасштаб) и может иметь 4 образа: город-базар, город джунгли, город-организм, город-машина), инженерно-технологические исследования (развитие технологии очистки сточных вод, выбросов в атмосферу, твердых производственных и коммунально-бытовых отходов, внедрение в производство малоотходной и безотходной технологии, более глубокая переработка сырья, всемерная утилизация отходов; разработка новых, более «экологических» систем транспорта, энергетики, водоснабжения, связи).

Значение экологического подхода к расселению, градостроительству определяется той ролью, которую играет живое вещество в планетарных процессах. Атмосфера, почвенно-растительный покров, поверхностные и подземные воды представляют собой среды, находящиеся в неустойчивом равновесии, которое не может быть обеспечено само по себе. Основной фактор, поддерживающий эти среды в стабильном состоянии, необходимом для существования жизни на Земле, - само живое вещество, которое обладает свойством экологического самообеспечения. Основополагающие

работы В.И. Вернадского, В.Н. Сукачева, С.С. Шварца, других крупнейших ученых показали, что развитая жизнь стала ведущим фактором геологического развития планеты. Биологические, а не физико-химические и геологические закономерности определяют темпы и формы превращения вещества и энергии на Земле. И поскольку функционирование живого вещества все в большей степени определяется деятельностью человека, экология становится теоретической основой поведения человека индустриального общества в природе.

Из обширного свода законов, закономерностей, правил общей экологии в достаточно обобщенной и упрощенной форме урбоэкология использует лишь те, которые необходимо учитывать, рассматривая особенности взаимодействия урбанизированной и природной среды на значительных территориях: правило 10%, правило 1%, значение малых величин в экологии, эффект обратной связи, учет воздействия соседних экосистем, соответствие единицы природных ресурсов собственному времени экосистемы, эффект «привыкания», эффект «опушки».

Для урбоэкологии особенное значение имеют прикладные аспекты синэкологии (экология сообществ) в основном на биогеоценотическом уровне. Главный экологический принцип в условиях неизбежного прогрессирующего антропогенного изменения природной среды, обоснованный С. С. Шварцем, – биогеоценозы и другие экологические системы в индустриальном и урбанизированном мире не могут быть сохранены в естественном состоянии (кроме особо охраняемых территорий — природных и национальных парков, заповедников, заказников и т. д.), но нет никаких объективных причин для их неизбежного ухудшения и утраты ими биосферных функций.

Выделяю следующие методы урбоэкологических исследований: территориально-градостроительный, комплексный, сравнительный, системный, исторический, биоэкономический и моделирование.

Глава 3. Характеристика городов

С XIX в. историки, географы, а затем и социологи породили многочисленные подходы к определению города. Они главным образом зависели от научной специализации, мировоззренческих взглядов и специфики творческого видения конкретного ученого. Так, в конце XIX в. немецкий географ и этнолог, социолог; основатель антропогеографии, геополитики Фридрих Ратцель, определяя рамки географии человека, назвал городом «долговременное скопление людей и их жилищ, занимающее значительное пространство и расположенное в центре крупных коммуникаций».

В настоящее время термин «город» имеет много определений.

С точки зрения *количественной теории*: город – значительное и длительное скопление людей на сравнительно незначительной территории

С точки зрения *политико-административной теории*: город – поселение с определенной территорией, которому государственной властью присвоены особые административные права.

С точки зрения *социальной теории*: город – место, приспособленное для общежития социальной группы сложного характера, внутренне дифференцированной и получивший определенную правовую форму.

С точки зрения *экономической теории*: город - поселение, жители которого занимаются в преобладающей своей части не сельским хозяйством, а ремеслом и торговлей.

Таким образом, современное интегральное определение понятия «город» выглядит следующим образом: *город* - крупный населённый пункт, который имеет развитый комплекс хозяйства и экономики, является скоплением архитектурных и инженерных сооружений, обеспечивающих жизнеобеспечение населения, и жители которого заняты, как правило, не сельским хозяйством.

Любой город обладает определенными характеристиками:

- *урбанистическая концентрация* (один из фундаментальных признаков города) – высокая концентрация объектов и населения, занимающегося различными видами деятельности на ограниченной территории;

- *многофункциональность* позволяет более полно использовать потенциал города, а именно: географическое положение, специфическую среду, развитую инфраструктуру, высококвалифицированные кадры, производственные фонды и т. д.;

- *динамизм* проявляется благодаря концентрации взаимодействующих объектов в пределах ограниченной территории: маятниковая миграция, пиковые нагрузки на транспорте, непрерывность действия многих производств;

- *саморазвитие города* - трансформация отраслевой и планировочной структур, пространственная дифференциация городской среды;

- *историческая многослойность*, т.к. города являются своеобразными аккумуляторами истории;

- *противоречивость и проблемность* выражены поиском компромисса между природной и техногенной средами.

Существуют различные классификации городов по типологическим признакам.

Численность населения города – один из самых распространенных критериев классификации городов. Диапазон *численности* городов очень широк: от исторически сложившегося малого города с численностью населения от 5 до 20 тысяч жителей до быстро развивающегося столичного центра с численностью более 10 миллионов человек.

В России городами считаются те поселения, в которых число жителей составляет более 12 тыс. чел. и основная часть населения не связана с сельскохозяйственным трудом. Выделяют следующие группы городов: малые (до 50 тыс. чел.), средние (50 – 100 тыс. чел.), большие (100 – 250 тыс. чел.), крупные (250 тыс. – 1 млн. чел.), крупнейшие (миллионеры)

(более 1 млн. чел.). В последнее время выделяют еще одну группу: *сверхкрупные города (мультимиллионеры)* – с числом жителей более 5 млн. чел.

Другая распространенная система классификации городов – *по функциональным признакам*: *центральные* – удовлетворяют потребности окружающей территории (административные центры разного уровня – от центров административных районов до столиц); *специальные* – определяют специализацию города (промышленные, научные, рекреационные, религиозные центры). По функциональным признакам различаются *монофункциональные* и *полифункциональные*, объединяющие в различном соотношении самые разнообразные функции (производство, обслуживание, торговля, образование, культура, транспорт и т.д.). Как правило, чем больше центральных и специальных функций у города, тем выше численность его населения.

Любой город можно рассматривать как природно-социальный комплекс и осуществлять внутри него функциональное зонирование, в результате которого выделяют ряд *типологических единиц города* – *селитебные территории* (жилые зоны) и *внеселитебные территории* (промышленные, коммунально-складские, общественно-деловые, рекреационные зоны, зоны внешнего транспорта, специального назначения, военных объектов).

Основное звено в структуре селитебных территорий планировочный (административный) район, включающий микрорайоны, кварталы и жилые комплексы.

Таким образом, функциональное зонирование города отражает, прежде всего, различия в характере использования различных частей города, планировочная структура города выражается во взаимном расположении основных функциональных зон и системе связей между ними.

В процессе развития цивилизации происходит неуклонный рост городского населения. Повышение роли городов наблюдалось на всем

протяжении истории человечества, но лишь в XIX веке начинается существенная концентрация людей в городах, которая усиливается в XX веке и достигает своего пика после второй мировой войны. XX век можно назвать «веком урбанизации».

Урбанизация (лат. urbanus - городской) – процесс роста городов и городского населения, сопровождаемый повышением роли городов и широким распространением городского образа жизни в развитии общества; процесс увеличения численности городского населения или проявление городских черт жизни в сельской местности.

К урбанизированным территориям относятся участки суши, занятые поселениями городского типа и связанными с ними производственными, транспортными и инженерными сооружениями.

Причины урбанизации – постоянное увеличение объемов и разнообразия человеческой деятельности, а именно развитие промышленного производства, непроизводственной градообразующей деятельности; интенсификация сельского хозяйства, межфункциональное взаимодействие (интеграция различных видов деятельности), влияние мирового хозяйства, развитие международной торговли.

Для современной урбанизации характерны следующие особенности:

- распространение вне урбанизированных ареалов городского образа жизни;
- усложнение функций городов, развитие крупных городских агломераций, переход от точечных агломераций к линейным;
- концентрация, интенсификация, дифференциация и разнообразие городских видов деятельности в городах и агломерациях

У процесса урбанизации есть свои особенности.

Возможна *гиперурбанизация*, проявляющаяся в образовании зон неконтролируемого развития городских поселений и перегрузки естественного ландшафта, где нарушено экологическое равновесие. Для развивающихся стран характерна «ложная урбанизация»,

характеризующаяся быстрым территориальный рост городов и увеличением их численности, но не сопровождающаяся улучшением социальных, экономических условий и повышением качества городской среды.

Для *субурбанизации* свойственен отток населения в пригородные зоны, а также стремительное разрастание пригородных территорий, которые охватили не только область жилого, но и общественного строительства.

Рурурбанизация характеризуется внедрением городских норм и условий жизни на селе.

Для формы пространственного развития урбанизационных процессов присущи *экстенсивность* (пространственное распространение городских систем, занимающих все более значительные площади, а также вовлечение все новых территорий в сферу своих интересов и деятельности), *интенсивность* (качественное преобразование городских форм на уже освоенной территории, которое включает в себя оптимизацию взаимного расположения функционально-структурных элементов, повышение эффективности их использования, усложнение и дифференциацию внутренних взаимосвязей) и *интегративность* (повышение взаимосвязанности между отдельными городскими системами, сельской средой и природной средой и превращение их из отдельных, относительно автономных образований в единую систему).

Современные всемирные тенденции развития городов позволяют выделить три основные городские системы: *приматная городская система*, характеризующаяся наличием одного крупного городского поселения, как правило, столичной агломерации, доминирующего в национальной городской системе городская система, где один город, как правило, национальная столица, концентрирует непропорциональный большой объем населения и экономической активности; *сбалансированная городская система*, где каждый город в городской иерархии относительно слабее

стоящего выше его и относительно крупнее, стоящего выше; *транснациональная городская система*, определяемая городами в различных государствах, связанными различными экономическими связями, главным образом в сфере услуг и финансов.

Увеличение городов по численности населения и по площади привело к появлению новых территориально-пространственных форм расселения, отличающихся от традиционных понятий «села» и «города».

При увеличении городского населения образуются *агломерации* – скопление населенных пунктов вокруг крупного города (ядра агломерации), объединенные в одно целое интенсивными хозяйственными, трудовыми и социально-культурными связями. Гигантское скопление агломераций, слившихся друг с другом и образующих сплошную полосу городского расселения приводит к образованию *мегаполиса*. Синонимом термина «мегаполис» является термин «линейная конурбация», объединяющая несколько крупнейших (равноценных по численности) городов. *Мегалополис* – иерархическая по сложности и масштабам система поселений, состоящая из большого числа конурбаций и агломераций. *Экуменополис* (греч. οἰκουμένη — Вселенная, обитаемый мир и πόλις — город) — сверхагломерация или глобальная агломерация, образующая сплошную сеть расселения на поверхности Земли.

Глава 4. Город как экосистема

Городская среда обитания представляет собой совокупность конкретных основополагающих условий, созданных человеком и природой в границах населенного пункта, которые оказывают влияние на уровень и качество жизнедеятельности человека.

Качество городской среды обитания – способность городской среды удовлетворять объективные потребности и запросы жителей города в соответствии с общепринятыми в данный момент времени нормами и стандартами жизнедеятельности.

Как сложную систему город можно представить в виде динамического взаимодействующего сочетания двух субсистем — *природной* и *антропогенной*, которые в свою очередь подразделяются на ряд взаимодействующих подсистем: природная — на геосистему, гидросистему, аэросистему и биосистему, антропогенная включает подсистемы: производственную, градостроительную, инфраструктурную. Природная субсистема характеризуется сложными геохимическими и биологическими процессами, протекающими на территории города: преобразованием горных пород, участием в регенерации кислорода и воды в результате реакции фотосинтеза и кругооборота в природе других элементов, почвообразованием и т. д. Антропогенную субсистему характеризуют создание и дальнейшее развитие структур техногенного происхождения, преобразование естественных ландшафтов в культурные. Взаимное влияние природной и антропогенной систем весьма велико, однако главное их различие заключается в том, что природная субсистема способна к саморегуляции и не нуждается в активном действии на нее антропогенной субсистемы, а антропогенная система, напротив, всецело зависит от природной. При этом человек как элемент природной субсистемы и одновременно социальное существо не просто влияет на антропогенную субсистему, а создает ее, тем самым он оказывает очень большое влияние и на природную субсистему, нередко лишая ее

способности к саморегуляции. Таким образом, все процессы жизнедеятельности города (потребление городом энергии, природных ресурсов, пищевых продуктов) должно регулировать общество.

По мнению Ю. Одума промышленные города – это гетеротрофные экосистемы, получающие энергию и ресурсы с окружающих территорий. Это сравнение справедливо, ведь вся целостная система города (с его инфраструктурой, жилищно-коммунальным хозяйством, рекреационными зонами) оказывает огромное влияние, как на внутреннюю, так и на внешнюю по отношению к ней среду, формируя пространство экологических ниш для человека и других обитающих в городе видов.

Специфическими чертами городских экосистем урбоэкосистем, отличающих их от природных, являются: потребность в концентрированной (высококачественной) энергии для поддержания повышенного удельного метаболизма, повышенная потребность в поступающих извне материальных ресурсах и формирование мощного и опасного потока плохо утилизируемых и биотрансформированных отходов.

Особенности городской экосистемы проявляются в таких ее характеристиках как полиморфность (сочетание природной и антропогенной подсистем), чрезвычайная зависимость от смежных экосистем, аккумулирующая способность, большая неуравновешенность основных структур.

Экологическое равновесие – это динамическое состояние природной среды, при котором она устойчиво функционирует. При этом основными функциями природной среды будут функции самовосстановления и самоочищения. Экологическое равновесие населенных мест сохраняется при допустимых антропогенных нагрузках, не превышающих емкость территории. *Емкость территории* – это количественно выраженная способность ландшафта удовлетворять потребности населения данной территории без нарушения экологического равновесия. Выделяют потребности в площадях для строительства, в воде, в рекреационных

ресурсах и т.п. Показателем, характеризующим потребности населения, является *демографическая емкость* – это максимальное количество жителей, которое может проживать в границах района, при условии обеспечения потребностей населения и сохранения экологического равновесия. Демографическая емкость территории – это эколого-экономическое понятие, которое отражает некий планировочный порог, за пределами которого нарушается равновесие всех природных, хозяйственных и социальных условий.

Экологическое равновесие может быть достигнуто только на обширных территориях, поскольку плотно застроенный город не в состоянии обеспечить воспроизводство основных природных ресурсов. Охраняемые природные заповедники и лесные массивы, почво- и водоохранные зоны создают не только для сохранения ценных ландшафтов, редких видов флоры и фауны. Они приобретают новую функцию — противовеса негативному воздействию индустриализации.

Характеристиками функционирования природной среды, определяющими экологическое равновесие, являются: *репродуктивная способность территории* (способность территории воспроизводить основные компоненты природной среды: кислород атмосферного воздуха, воду, почвенно-растительный покров), ее *экологическая емкость* (плотность биомассы представителей животного и растительного мира на единицу территории, с учетом оптимального состава и численности для данного природно-географического района), *геохимическая активность* (способность территории перерабатывать и выводить за свои пределы продукты техногенной деятельности), *биохимическая активность* (способность биологически перерабатывать органические загрязнения и нейтрализовать вредные воздействия неорганических загрязняющих веществ, устойчивость территорий к физическим нагрузкам) и *устойчивость территории к физическим нагрузкам* (сопротивляемость ландшафта к воздействию застройки, транспорта, инженерной

инфраструктуры, рекреационных зон и т.п.). Эти характеристики выражаются количественными показателями.

В концепции устойчивого развития городов, провозглашенной ООН, понятие городской среды обитания не ограничивается экологическими аспектами взаимодействия человека и природы. Город рассматривают как целостный антропо-природный комплекс, где обществом должны быть обеспечены и сохранены для потомков оптимальные условия существования. Не в ущерб экологической составляющей усилена привлекательность городской среды за счет упорядочения хозяйственно-экономической деятельности и расширения различного вида услуг. Экологическое благополучие населения определяется также его уровнем жизни, обусловленным экономическими факторами. Другая проблема формирования градостроительной базы связана с экологической безопасностью среды обитания. Необходимо внедрение во все производства ресурсосберегающих, мало- и безотходных технологий, а также рациональное развитие инженерных инфраструктур жизнеобеспечения города.

Устойчивое развитие городских поселений – это развитие территорий и поселений при осуществлении градостроительной деятельности в целях обеспечения градостроительными средствами благоприятных условий проживания населения, в том числе ограничения вредного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и ее рациональное использование в интересах настоящего и будущего поколений.

Считается, что территория находится в состоянии *полного экологического равновесия*, если природная среда обеспечивает воспроизводство своих компонентов. Полное экологическое равновесие освоенных территорий не всегда достижимо. Поэтому различают *условное экологическое равновесие* (компоненты природной среды не воспроизводятся в полной мере) и *относительное экологическое равновесие*

территорий (урбанизированная территория оказывается нагруженной в пределах допустимых воздействий, но полное воспроизводство компонентов природной среды не обеспечивается).

Существует два варианта комплексной оценки уровня экологического благополучия городской среды: определение балльного показателя экологического благополучия и расчет индекса устойчивого развития города.

Для определения балльного показателя выделяют 7 ступеней экологического состояния городской среды, каждая из которых характеризуется определенной суммой баллов. Все ступени образуют так называемую «экологическую пирамиду» (рис.1).

Краховое состояние – массовые смертельные исходы среди населения, невосстанавливаемые поражения природной среды и разрушения функциональной и композиционной систем организации городской среды.

Катастрофическое состояние – массовые заболевания населения, крупные поражения природной среды в масштабах города и региона, разрушения функциональной и композиционной систем с возможным их восстановлением.

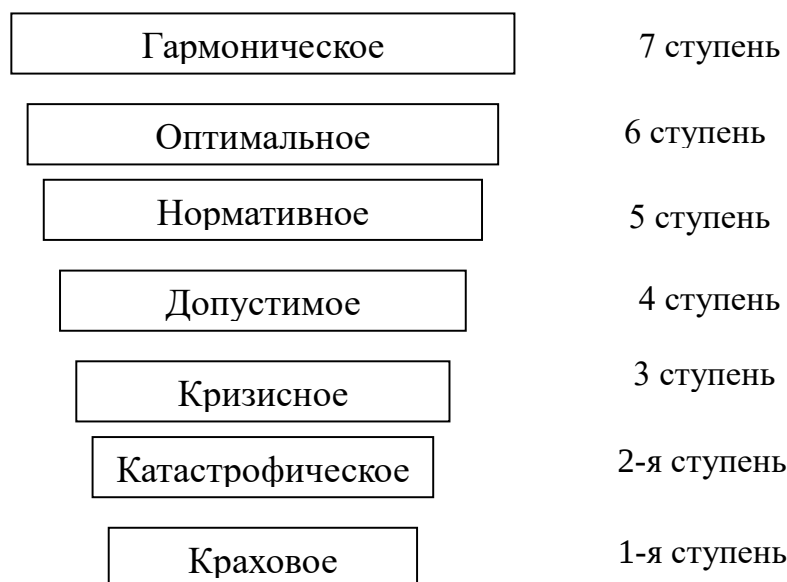


Рис. 1. Экологическая пирамида состояния городской среды

Кризисное состояние – сигнальные случаи заболевания населения, очаговые поражения природных ресурсов, нарушения требований градостроительных СНиПов и принципов композиции, затрудняющих реализацию функционально-утилитарных и художественно-эстетических потребностей человека.

Допустимое состояние – отступления от нормы, не приводящие к заметным отклонениям в здоровье человека и в природной среде, отклонения от требований СНиПов и принципов композиции не вызывают художественно-эстетического и психологического дискомфорта.

Нормативное состояние – соответствие санитарно-гигиеническим требованиям, на природную среду не оказывается больших антропогенных нагрузок, нормальное функционирование человеческого организма, флоры и фауны; соблюдение градостроительных СНиПов, принципов и правил композиции.

Оптимальное состояние – учет индивидуальных потребностей человека; соответствие функциональной и композиционной организации искусственной среды местным природным условиям, потребностям конкретных социальных групп.

Гармоническое состояние – совершенство и упорядоченность экологических, функциональных и эстетических отношений между населением, природной и архитектурной средой.

Отдельные зоны города характеризует балльный показатель, установленный в соответствии со степенями экологического состояния среды. Уровень экологического благополучия городской среды в целом оценивается в сумме баллов всех зон города с учетом весовых коэффициентов, установленных экспертной оценкой.

Расчет индекса устойчивого развития города проводится по формуле

$$I_{y.p.e} = \sum_1^n \frac{P_{cp}}{P_n} \cdot K_i ,$$

где n – число показателей, P_{cp} – средний или фактический показатель,

P_n – нормативный показатель, K_i – весовой коэффициент i -го показателя. В качестве показателей рекомендуется рассматривать социо-эколого-экономические показатели.

По значениям балльного показателя и индекса устойчивого развития города анализируется динамика изменения качества городской среды. Устойчивость и развитие городской среды предполагают повышение уровня экологического баланса населения.

Город рассматривается как живой организм, связанный с окружающей средой материальными и энергетическими потоками. По аналогии с биологическим метаболизмом, существует концепция городского метаболизма, согласно которой город представляет собой совокупность преобразований материи и энергии внутри города и его окружающей среды. *Городской метаболизм* – это совокупность технических и социально-экономических процессов, происходящих в городах, что приводит к росту города, производству энергии и образованию отходов. Выделяют четыре основных процесса в городском метаболизме: преобразование энергии пищи в энергию, которая поддерживает жизнь людей и других организмов; конверсия топлива в энергию, которая управляет городскими процессами, поддерживает порядок материалов и устраняет отходы; предоставление энергии для строительства городской инфраструктуры и услуг, обеспечивая тем самым хорошие условия жизни для жителей; строительство мостов, больниц, дорог и другой инфраструктуры для поддержки будущего развития города. С точки зрения практиков, анализ городского метаболизма становится признанным в качестве стандартного и необходимого шага к устойчивому развитию городов.

В настоящее время существует два подхода к оценке городского метаболизма:

-*энергетический подход*, предложенный 80-х годах XX в. годах Г. Т. Одумом, основанный на использовании меры качественных различий между различными формами энергии («*emergy*»), предназначенной для

отслеживания и учета метаболических потоков путем измерения солнечной энергии прямо или косвенно используемой для создания продукта или предоставления услуги;

- *анализ потока материала*, учитывающий вещества, поступающие в систему, запасы системы и потоки внутри нее, а также конечные оттоки из системы к другим системам в виде отходов или экспортных товаров.

В настоящее время при оценке городского метаболизма отдается предпочтение анализу потоку материала, поскольку при его использовании применяются более удобные единицы, которые доступны для понимания общественности, рабочих, государственных чиновников и исследователей. Анализ материальных потоков основан на массе материалов, потребляемых городом, представляющем притоки массы в виде различных веществ и материалов и отходы – оттоки городского метаболизма.

$$\Sigma M_{\text{Анаболизм}} = \Sigma M_{\text{Катаболизм}} + \Delta M,$$

где $M_{\text{Анаболизм}}$ – масса, которая входит в город как анаболические потоки, $M_{\text{Катаболизм}}$ – масса, которая покидает город как катаболические потоки, а ΔM – разница между анаболическим и катаболическим потоками. Если ΔM имеет положительное значение, то город расширяется; если это 0, город находится в равновесии, а если значение ΔM отрицательно – город сокращается.

На рис. 2 представлены потоки, хранение и производство биомассы и техномассы в городской среде.

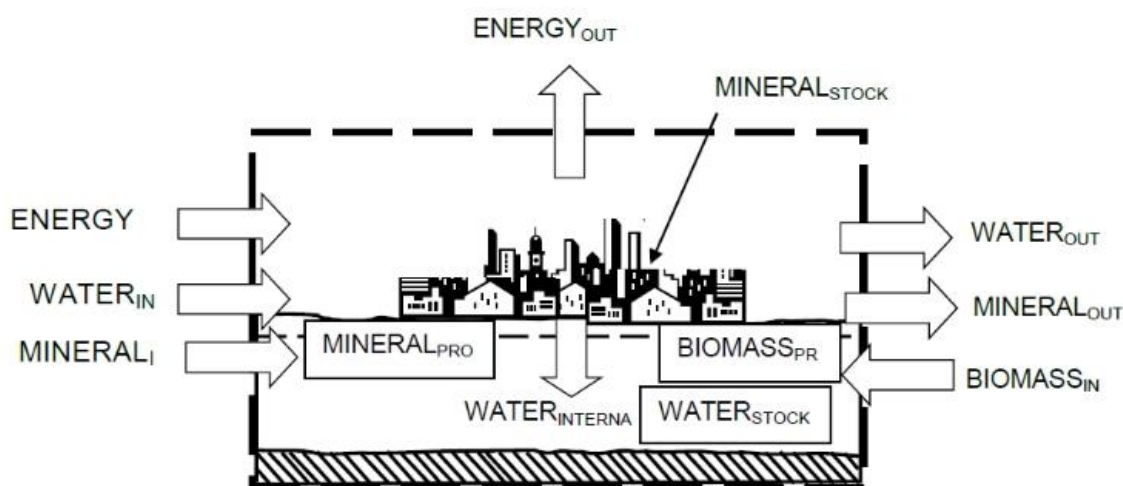


Рис. 2. Границы городской системы, показывающие притоки, оттоки, внутренние потоки, хранение и производство биомассы, минералов, воды и энергии

Другая мера воздействия человека на среду обитания - *экологический след* (англ. ecological footprint), которая позволяет рассчитать размеры прилегающей территории, необходимой для производства потребляемых человечеством экологических ресурсов и поглощения отходов. Экологический след измеряет площадь биологически продуктивной территории и акватории, которая способна произвести необходимые человеку природные ресурсы и поглотить (или хранить) произведённые им отходы.

Экологический след складывается из 6 составляющих: площадь пашни для выращивания потребляемых человеком зерновых, площадь пастбищ для производства продукции животноводства, площадь лесов для производства древесины и бумаги, площадь моря для производства рыбы и морепродуктов, площадь, занятая под жилье и инфраструктуру территория, площадь лесов для абсорбции выбросов CO₂, образующихся при душевом потреблении энергии.

Экологический след рассчитывается по формуле:

$$ЭС = \sum (C_i / Y_i \cdot f \cdot Ef),$$

где ЭС – экологический след, C_i – среднее годовое потребление i -го элемента, Y_i – продуктивность земли, f – фактор урожайности, E_f – эквивалент фактора урожайности.

Условная единица измерения экологического следа – глобальный гектар (гга) – условная единица, обозначающая гектар биологически продуктивной территории или акватории со средним мировым показателем биопродуктивности за определенный год.

При оценке экологического следа используют компенсирующий показатель *биологический потенциал (биоемкость) экосистемы* – возможность биосистемы Земли производить определенные биологические материалы (природные ресурсы), а также ее способность к поглощению и фильтрации загрязняющих веществ из атмосферы.

Биоемкость для любого вида землепользования высчитывается по формуле:

$$Б = Т \cdot ФП \cdot ФЭ,$$

где Б - биоемкость, Т - имеющиеся территории с определенным типом землепользования, а ФП и ФЭ - соответственно факторы продуктивности и факторы эквивалентности для этого типа землепользования в конкретной стране.

Другими словами, биоемкость выражает способность биосферы производить продукты питания (пашня), сельскохозяйственных животных (пастбища), лесоматериалы (лес) и морепродукты (рыбопромысловые зоны), а также способность ее лесов поглощать углекислый газ.

Таким образом, можно утверждать, что экологический след — это ресурсы, необходимые для удовлетворения потребностей человечества, а биоемкость — это способность биосферы производить ценные биологические ресурсы и поглощать отходы, сохраняя при этом способность к самовосстановлению, т.е. показатель, предоставляющий такую возможность. Если биоемкость какой-либо территории больше её экологического следа, то у территории есть экологический резерв, если

меньше – экологический дефицит. Если спрос населения на ресурсы экосистем превышает возможности их самовосстановления, возникает перерасход экологического капитала. Его последствиями могут быть накопление парниковых газов в атмосфере, уменьшение биоразнообразия, эрозия почвы и изменение климата.

Глава 5. Особенности микроклимата городской среды

Микроклимат города – это климат приземного слоя воздуха отдельных участков городской территории.

В целом на метеорологический режим города влияют следующие факторы:

1) *изменение альбедо* (отражательной способности) земной поверхности, которое для застроенных районов обычно меньше, чем для загородной местности;

2) *уменьшение средней величины испарения с земной поверхности*;

3) *выделение теплоты при различных видах хозяйственной деятельности*;

4) *увеличение в черте города шероховатости земной поверхности*.

Город можно рассматривать как огромный калорифер. На его территории располагается множество поверхностей, воспринимающих солнечное тепло. Стены домов, тротуары обладают высокой теплопроводностью, а большое число построек, углов, бордюров и т. п. способствует повышению шероховатости поверхности. В результате этого город способен эффективно аккумулировать солнечную радиацию и нагревать значительные объемы воздуха);

5) *загрязнение атмосферы различными примесями*.

Температурный режим микроклимата города. Температура воздуха в крупном городе по сравнению с его окрестностями выше на 1...4 градуса, иногда эта разница достигает 8 градусов. Повышение температуры объясняется нагревом элементов застройки за счет поглощения ими солнечной радиации и отражением радиации городскими поверхностями, а также уменьшением эффективного излучения тепла над городом. Величина отраженной радиации зависит от наклона и ориентации поверхностей, а также от альбедо строительных и дорожных материалов. При этом может происходить взаимооблучение элементов застройки, а вблизи

инсолируемых поверхностей городского окружения может значительно возрасти температура воздуха. Из-за загрязнения атмосферного воздуха, а также неоднородностей подстилающей поверхности, обусловленных застройкой, ослабляется эффективное излучение над городом и соответственно уменьшается его ночное охлаждение. Кроме того, на испарение влаги асфальтным покрытием и другими городскими поверхностями тратится значительно меньше энергии, по сравнению с энергией, необходимой для испарения влаги растительным покровом. Поэтому в приземном слое воздуха городской территории, за счет малого расхода энергии на испарение влаги, остается значительно больше тепла по сравнению с территорией окрестностей. Дополнительное поступление тепла в атмосферный воздух происходит при сжигании топлива.

Повышение температуры воздуха внутри города по сравнению с температурой окружающей местности приводит к образованию так называемого «острова тепла» над городом – области повышенной температуры воздуха, которая имеет вид купола (рис. 3).

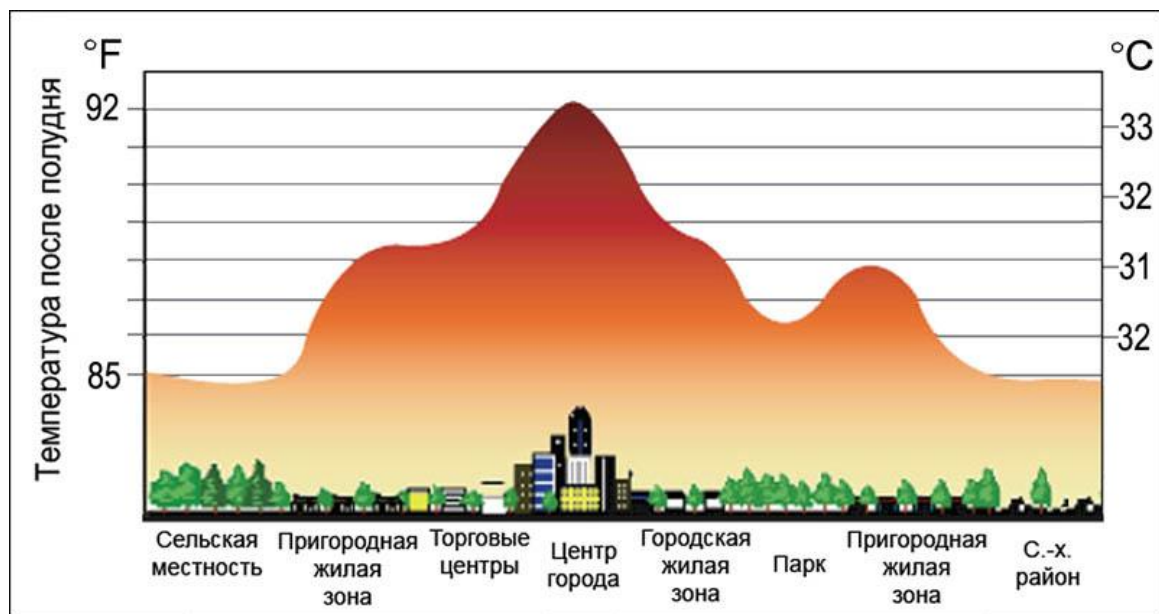


Рис. 3. Городской остров тепла

Тепловой остров города характеризуется хорошо выраженной суточной динамикой: максимальных значений разница температур между

городом и пригородом достигает вечером и ночью — здания переизлучают накопленное за день тепло. Если говорить о сезонной динамике, то следует отметить, что тепловой остров проявляется как летом, так и зимой. В «острове тепла» давление атмосферного воздуха понижено, понижена относительная и абсолютная влажность, уменьшается скорость ветра. Это способствует притягиванию облаков верхних слоев атмосферы. Поэтому облака над городом расположены значительно ниже, чем над открытой местностью. Восходящие потоки воздуха образуют кучевую облачность. Образование «острова тепла» вызывает уменьшение притока солнечной радиации на территорию крупного города, увеличение количества атмосферных осадков, увеличение повторяемости туманов. «Остров тепла» разрушается ветром или другими атмосферными осадками, но устойчив в безветрие.

Тепловые шапки, образующиеся над городами и урбанизированными территориями, создают условия для еще большего загрязнения воздушного бассейна, что приводит к снижению комфортности городской среды для людей. Слишком высокие температуры летом и повышенная влажность зимой неблагоприятно влияют на здоровье горожан.

Ветровой (аэрационный) режим города режим считается комфортным, если скорости ветра на территории застройки находятся в пределах от 1 до 5 м/с (истинно комфортный при скорости ветра от 1 до 3 м/с и близкий к комфортному при скорости ветра от 3 до 5 м/с). Участки городской территории, где скорость ветра меньше 1 м/с, относятся к непроветриваемым, а более 5 м/с — к зонам продувания. Непроветриваемые участки городской территории, или зоны застоя воздуха, создают антисанитарное состояние. Зоны продувания также дискомфортны для человека.

Влажностный режим города ниже по сравнению с окрестностями, что связано с повышенными температурами атмосферного воздуха и меньшим содержанием в нем влаги за счет снижения количества испарений.

Наибольшая разница по влажности воздуха между городом и его окрестностями в течение года наблюдается летом, а в течение суток – в вечерние часы. В зимнее время воздух города может быть более увлажнен за счет выбросов пара техногенными источниками. Зимой в городе выпадает меньше снега, а летом выпадает больше дождей.

Образованию облачности в городе при высокой влажности способствует повышенная конвективная неустойчивость и загрязнение воздушных масс, что приводит к образованию туманов, в том числе смога. В крупных городах существует недельный цикл количества выпадающих осадков, проявляющийся в уменьшении осадков в выходные дни, когда промышленные предприятия не работают. Увеличение количества осадков над городом идет в ущерб другим районам, усиливает засушливость сельской местности.

*Радиационный (инсоляционный) режим города*__снижен также вследствие повышенной облачности и загрязнения атмосферного воздуха поллютантами. В зависимости от степени загрязнения воздуха, времени года и суток наблюдается снижение интенсивности инсоляции до 20%. Пониженный инсоляционный режим негативно сказывается как на психологическом, так и на физическом здоровье горожан (повышение уровня инфекционными заболеваниями, замедление выведения из организма ряда токсичных веществ, в частности соединений тяжелых металлов, а также замедление синтеза в организме важных ферментов).

Глава 6. Растительный и животный мир городов

Влияние антропогенного воздействия в пределах городов распространяется не только на абиотические компоненты биосферы, но и на растительность и животный мир. Представители флоры и фауны, проживающие в городах, относят к *синантропным видам*, образ жизни которых эволюционно направлен на образование связей с человеком.

Взаимосвязи города и растительности достаточно сложны. Наиболее пагубное влияние на растительность в пределах урбанизированных территорий оказывают три основных фактора: *комплексное воздействие урбанизированной среды* (преимущественно в пределах городской застройки), *влияющее на изменение микроклимата городов, загрязненность и изменение состава почв, чрезмерные рекреационные нагрузки* (вытаптывание, создание пожароопасной ситуации, физическое уничтожение).

В результате антропогенного воздействия *городские почвы* имеют существенные отличия от природных почв, главными из которых являются следующие:

- формирование почв на насыпных, намывных, перемешанных грунтах и культурном слое;
- наличие включений строительного и бытового мусора в верхних горизонтах;
- изменение кислотно-щелочного баланса с тенденцией к подщелачиванию;
- высокая загрязненность тяжелыми металлами, нефтепродуктами, компонентами выбросов промышленных предприятий
- изменение физико-механических свойств (пониженная влагоемкость, повышенная плотность, каменистость)
- рост профиля за счет интенсивного напыления.

Таким образом, можно выделить некоторые группы городских почв:

- *естественные ненарушенные*, сохраняющие нормальное залегание горизонтов естественных почв (почвы городских парков и лесопарков);

- *естественно-антропогенные поверхностно образованные*, почвенный профиль которых изменен в слое мощностью менее 50 см;

- *антропогенные глубоко преобразованные*, формирующиеся на культурном слое или насыпных, намывных и перемешанных грунтах мощностью более 50 см, в которых произошла физико-механическая перестройка профилей или химические преобразования за счет химического загрязнения. Антропогенные глубокопреобразованные почвы образуют группу собственно городских почв – *урбаноземов*, которые в свою очередь подразделяются на 2 подгруппы почв: 1) физически преобразованные почвы, в которых произошла физико-механическая перестройка профиля (урбанозем, культурозем, некрозем, экранозем); 2) химически преобразованные почвы, в которых произошли изменения свойств и строения профиля за счет интенсивного химического загрязнения (индустризем, интрузем).

- *урботехноземы* – искусственные почвогрунты, созданные путем обогащения плодородным слоем, торфо-компостной смесью насыпных или других свежих грунтов (реплантозем, конструкторзем).

Острые городские проблемы (загрязнение воздуха, шумовая нагрузка, «остров тепла», несовершенство канализации) могут быть смягчены за счет городских зеленых насаждений, поскольку они выполняют следующие жизненно важные функции: *оздоравливающее влияние* (поглощение поллютантов от стационарных и передвижных источников), *гигиеническое значение* (снижение тепловой радиации), *санитарно-гигиеническое значение* (ионизация воздуха), *защита от шума, рекреационное значение*.

Но не все растения способны выжить в условиях города.

В городах необычен тепловой режим почвы. В летние жаркие дни асфальтовое покрытие, нагреваясь, отдает тепло не только приземному слою воздуха, но и почве. При температуре воздуха 26–27 °С температура

почвы на глубине 20 см достигает 34–37 °С, а на глубине 40 см – 29–32 °С. Это самые настоящие горячие горизонты – как раз те, в которых сосредоточена основная масса корней растений. Кроме того, из-за уборки опавших листьев осенью и снега зимой в холодный зимний период городские почвы сильнее выхолаживаются и глубже промерзают, чем в лесных массивах. Все это отрицательно сказывается на состоянии корневой системы растений.

Существенно ограничивают посадки зеленых насаждений вдоль улиц подземные коммуникации, прежде всего теплотрассы и газопроводы. А водосточные и канализационные коллекторы сами подвергаются разрушению под действием корней деревьев. Поэтому при проектировании зеленых насаждений улиц необходимо учитывать глубину залегания подземных коммуникаций (зона недостижимости корневой системы должна быть более 3,4 м).

Важнейший экологический фактор в жизни растений – вода. В городах растения часто испытывают недостаток в почвенной влаге из-за стекания ее в канализационную сеть. Этим и объясняется тот факт, что видовой состав наиболее часто высаживаемых вдоль дорог и на улицах деревьев не слишком разнообразен.

Вредные выбросы промышленных предприятий приводят к тому, что растительность в радиусе 6–8 км вокруг ГРЭС, металлургического или химического комбината полностью погибает. Вдоль центральных магистралей, как правило, чаще наблюдается ослабление и частичное усыхание крон деревьев, замедление процесса фотосинтеза, за счет чего снижен ежегодный прирост побегов. Иногда летом можно наблюдать листопад у деревьев, причина которого высокое содержание свинца в воздухе.

В пределах зеленой зоны по уровню отрицательного воздействия городских факторов среды можно выделить 4 ландшафтно-экологических пояса. *Первый* – пригородные леса внешнего кольца зеленой зоны, не

подверженные заметному антропогенному влиянию. *Второй* – лесопарковые и парковые насаждения, зеленые массивы ограниченного пользования и специального назначения, условия произрастания в которых отвечают жизненным потребностям растений (ботанический сад). *Третий* – городские скверы, бульвары, внутриквартальные насаждения, зеленые полосы вдоль улиц, характеризующиеся удовлетворительными жизненными условиями. *Четвертый* – насаждения на улицах и площадях жилой застройки с интенсивным транспортным движением, на территории промышленных предприятий, загрязняющих воздух, которые отличаются плохими условиями произрастания (санитарно-защитные зоны).

Существует классификация видов городских зеленых насаждений по их происхождению и экологии: *экстремальные урбанофобы* (растения, не произрастающие в городах и встречающиеся там только случайно), *умеренные урбанофобы* (растения, произрастающие в городах только в местах, сохранивших естественную растительность), *урбанонейтральные виды* (распространенные по всем городским экотопам и отличающиеся широкими экологическими амплитудами), *умеренные урбанофилы* (растения, тяготеющие к типично урбанизированным экотопам (промышленным зонам, местам многоэтажной застройки), но встречающиеся также и в других городских экотопах), *экстремальные урбанофилы* (растения, приспособленные исключительно к типично городским экотопам).

Животный мир городов насчитывает тысячи видов, в том числе почвенных и водных обитателей из беспозвоночных животных. Они обитают практически во всех городских экосистемах, населяют квартиры, чердаки, подвалы, практически все водоемы, свалки, сточные воды. С появлением поселений уничтожаются природные биоценозы и создаются новые со свободными и совершенно своеобразными экологическими нишами, которые осваиваются животными различного происхождения (обитателями скал, обрывов, нор и пещер, древесины, семян и плодов,

некрофагами, копрофагами и паразитами). *Гемерофобами* называют виды, которые параллельно антропогенным изменениям среды отступают в менее нарушенные области, т. е. вытесняются; *гемеродиафоры* – виды, чье существование почти или совершенно не зависит от антропогенного изменения ландшафта; *гемерофилы* предпочитают местообитания, созданные человеком, используя новые экологические ниши (климат, питание, материалы, пространственную структуру).

Для характеристики синантропии существенны два критерия:

- спонтанное присутствие организмов в поселениях человека без или против его воли;
- тесное сосуществование с человеком или зависимость от его деятельности.

Различают следующие формы синантропии представителей животного мира:

а) облигатная (эвсинантропия) – вид встречается как минимум в одной из климатических зон только в антропогенных условиях, а в пределе — только в зоне поселений человека;

б) факультативная (гемисинантропия, олигосинантропия) – виды имеют в зоне поселений человека оптимальные условия существования, однако образуют популяции и вне антропоценозов, в которых возможна иммиграция в природные биотопы;

в) непрерывная (перманентная) – жизненный цикл вида полностью протекает в антропоценозах;

г) временная (ксенантропия) – виды находятся в антропоценозах только в определенное время (например, в период зимовки) или при определенных условиях, не образуя там самовозобновляющейся популяции;

д) частичная синантропия – вид принадлежит к антропоценозу на определенной стадии своей жизнедеятельности (возможно, лишь часть суток), а в остальное время входит в другие биоценозы.

Уровень синантропизации зеленых городских насаждений определяется по коэффициенту синантропизации (K_s):

$$K_s = a_i / (a_i + b_i) \cdot 100$$

где a_i – встречаемость синантропных видов, %; b_i – встречаемость видов гемерофобов, %. Данный коэффициент, варьируясь в диапазоне от 0 до 100 %, указывает на различные стадии антропогенной трансформации флоры:

$K_s = 0\text{--}20\%$ – I стадия (слабая трансформация);

$K_s = 21\text{--}40\%$ – II стадия (умеренная трансформация);

$K_s = 41\text{--}60\%$ – III стадия (средняя трансформация);

$K_s = 61\text{--}80\%$ – IV стадия (сильная трансформация);

$K_s = 81\text{--}100\%$ – V стадия (очень сильная трансформация)

Для численного выражения степени синантропии представителей животного мира используют индекс S_i , позволяющий, в частности, точнее разделить облигатно и факультативно синантропные виды:

$$S_i = (2a + b - 2c) / 2$$

где a – доля (%) особей вида в урбанизированной области, b – доля (%) особей того же вида в аграрной области, c – доля (%) особей того же вида в биотопах, менее затронутых антропогенным воздействием.

Этот индекс может иметь значения от $[-100]$ до $[+100]$, что означает:

+100 – явное предпочтение плотно заселенных человеком мест;

+75 – явное предпочтение заселенных человеком мест;

+50 – предпочтение заселенных человеком мест;

0 – независимость от поселений человека;

-25 – предпочтение незаселенных человеком областей;

-50 – избегание поселений человека.

Глава 7. Экологические проблемы городов

Экологические проблемы городов, главным образом наиболее крупных из них, связаны с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий, с образованием антропогенных ландшафтов, очень далеких от состояния экологического равновесия.

Выделяют 3 группы экологических проблем.

1. *Природно-ландшафтные проблемы* связаны с деградацией природных ландшафтов в урбанизированных условиях. Трансформируются все компоненты природного ландшафта: геологическое строение и рельеф, поверхностные и подземные воды, климатические характеристики, почвенный покров, биота. Биота, как критический компонент урбосистемы, испытывает особенно сильные изменения, порождающие сокращение многообразия видов и площади зеленых насаждений.

2. *Ресурсно-хозяйственные проблемы* вызваны колоссальным масштабом использования природных ресурсов, их переработкой, образования многочисленных отходов. Ресурсно-хозяйственные проблемы вызывают природно-ландшафтные. Например, изменение свойств воздушной среды в результате химического загрязнения, возвращение в среду твердых отходов как результат механического загрязнения, использование минеральных ресурсов прямо или косвенно нарушают естественный ландшафт.

3. *Антропоэкологические проблемы* связаны со здоровьем населения городов. Ухудшение качества городской среды, ускоренный ритм городской жизни вызывают у людей различные заболевания сердечно-сосудистой, нервной, дыхательной систем, аллергические заболевания.

Безусловно, степень и характер отрицательного воздействия городов на природные системы в каждом конкретном городе очень специфичны и зависят от многих факторов: величины города, его «специализации», типов застройки, характера благоустройства и озеленения и т.д.

Все экологические проблемы неразрывно связаны друг с другом, поэтому изолированное решение одной из них не даст желаемого результата. Необходим комплекс мер, направленных на оптимизацию качества городской среды.

7.1. Современные *природно-ландшафтные* проблемы

Влияние города на территорию распространяется на многие тысячи километров от его границ. Оно начинается там, где для города добываются полезные ископаемые и строительные материалы, вырубается леса и производятся продукты питания.

Выделяют три основные зоны экологического воздействия города на территорию.

Первая зона рассредоточена, она совпадает с местами потребления природных ресурсов и соединяется с городом протяженными линиями электропередач, газо- и нефтепроводов, автомобильными, железнодорожными, авиационными и водными путями.

Второй пояс экологического влияния – это прилегающие к городу территории, так называемая «буферная зона», которая используется и для складирования мусора, и для рекреационного использования, и, кроме того, страдает от загрязнений поверхностных и подземных вод.

И, наконец, третья зона – центральная – совпадает с границами самого города и характеризуется максимальным воздействием на природную среду. Здесь происходит активное преобразование естественных природных систем и формируется урбаноценоз – искусственная экосистема города.

Земля имеет огромную потребительскую ценность, главным образом потому, что верхний ее горизонт является одним из важнейших компонентов биосферы — почвой. Запасы почвы на земле составляют $2,4 \cdot 10^{12}$ т, а условия для почвообразования существуют лишь на 22%

поверхности Земли. Процесс почвообразования очень протяжен по времени на создание слоя почвы толщиной 2—3 см требуется от 200 до 1000 лет. Значительно быстрее восстанавливается плодородие и улучшается структура почвы. Еще быстрее происходит разрушение почвы вследствие естественных и антропогенных причин.

Человеком за его историю уничтожено уже около 2 млрд. га (15% всей суши). Ежегодно в мире теряется 5—7 млн. га плодородных земель. Процессы опустынивания охватывают до 30% земной поверхности. Особенно активно протекают в плотнозаселенных районах, в городских агломерациях, на территории городов процессы эрозии и дефляции почв.

Немалая опасность для города — *оползни* – крупные смещения различных горных пород по склону, распространяющиеся в отдельных районах на большие пространства и глубину. На территории бывшего СССР оползни широко развиты во многих районах. Многочисленные оползни происходили в районах Поволжья, на Черноморском побережье Крыма и Кавказа, по склонам долин Днепра, Оки, в низовьях Камы, Печоры, на Москве-реке и в других районах.

Оползневые процессы протекают под влиянием многих факторов, к числу которых относятся: 1) значительная крутизна береговых склонов и образование трещин бортового отпора; 2) подмыв берега рекой (Поволжье и другие реки) или абразия морем (Крым, Кавказ), что увеличивает напряженное состояние склона и нарушает существовавшее равновесие; 3) большое количество выпадающих атмосферных осадков и увеличение степени обводненности пород склона как поверхностными, так и подземными водами. В ряде случаев именно в период или в конце интенсивного выпадения атмосферных осадков происходят оползни. Особенно крупные оползни вызываются наводнениями; 4) влияние подземных вод определяется двумя факторами - суффозией и гидродинамическим давлением. Суффозия, или подкапывание, вызываемое выходящими на склоне источниками подземных вод, выносящих из

водоносного слоя мелкие частицы водовмещающей горной породы и химически растворимых веществ. В результате это приводит к разрыхлению водоносного слоя, что естественно вызывает неустойчивость выше расположенной части склона, и он оползает.

Другая проблема городов – *подтопление территорий*, на которых уровень грунтовых вод залегает выше 3 м от поверхности. Это та глубина, на которой расположена основная часть подземных коммуникаций. Подтопления происходят из-за поднятия уровня грунтовых вод. Причин его поднятия в большом городе много, но главная в том, что искусственно изменен рельеф территории, нарушена естественная дренированность, а дренажная система, как правило, работает плохо. Грунтовые воды поднимаются и из-за постоянной утечки в водопроводной, канализационной системах и в системе теплоснабжения.

Для городов характерно формирование *«культурного слоя»*, представляющего собой верхние слои земли, несущие на себе отпечаток деятельности человека. Толщина культурного слоя составляет от нескольких сантиметров в малых и молодых городах до десятков метров в крупных и древних городах.

Значительный вред городским биогеоценозам наносит сжигание листвы, в результате чего нарушается биогеохимический цикл питательных элементов почвы, почвы беднеют, состояние произрастающей на ней растительности ухудшается.

Значительную угрозу для здоровья людей представляет загрязнение почв различными *патогенами*. Почва — неотъемлемая среда биологического цикла развития яиц геогельминтов и место временного пребывания яиц биогельминтов, а также цист кишечных патогенных простейших, криптоспоридий, лямблий, дизентерийных амёб и других видов. Яйца геогельминтов сохраняют жизнеспособность в почве от 3 до 10 лет, биогельминтов — до 1 года, цисты кишечных патогенных простейших — от нескольких дней до 3 — 6 месяцев.

Огромный вред для нормального функционирования почв представляют *газо-дымовые выбросы* промышленных предприятий. Почва способна накапливать опасные для здоровья человека загрязняющие вещества, например, тяжелые металлы, стойкие органические соединения.

Территории, на которых расположены городские объекты, находятся в непрерывном процессе преобразования и видоизменения. Строительству любого объекта – здания, сооружения, дороги, благоустройству территории, добыче полезных ископаемых – предшествует целый комплекс инженерно-подготовительных работ, активно преобразующих природный ландшафт, которые ведут к изменению рельефа.

На городских территориях обычно идут два процесса — понижение и повышение отметок поверхности. Главный процесс связан со срезкой грунта, опусканием и просадкой поверхности земли. Второй — с перемещением грунтов, складированием отвалов и твердых промышленных и бытовых отходов, засыпкой оврагов, болот и т. д.

Подземные коммуникации и строительные сооружения самым кардинальным образом меняют естественное геологическое строение территорий. Это происходит, в первую очередь, из-за перемещения огромных масс грунтов. Кроме того, под землей появляется огромное количество несвойственных ей пустот, включений инородных материалов, а также грунтов с новыми физико-механическими свойствами, приобретенными вследствие искусственной обработки: уплотнения, замораживания, размораживания, укрепления с помощью химической и термической обработки.

Таким образом, в городах естественные ландшафты заменяются искусственными техногенными с новыми механическими, физико-химическими, биологическими свойствами и видоизмененными физическими полями.

7.2. Современные ресурсно-хозяйственные проблемы

Ресурсно-хозяйственные проблемы связаны с хозяйственным использованием природных ресурсов. При этом глобальный характер приобретает истощение природных ресурсов, которое проявляется в сокращении их запасов и ухудшения качества.

К природным ресурсам градостроительного освоения территории относятся: горные породы, поверхностные и подземные воды, воздушный бассейн, почвы, растительность, животный мир. Все эти компоненты истощаются (сокращаются запасы чистой воды и воздуха, площади зеленых насаждений, многообразие биологических видов). Кроме того, происходит ухудшение их качества. На это влияет как прямое вмешательство людей в природный ландшафт посредством городской застройки, так и воздействие различными видами загрязнений.

Природный ландшафт обладает способностью к самоочищению и самовосстановлению. Однако в наше время сила антропогенного воздействия настолько высока, что природный ландшафт уже не может самовосстанавливаться.

Наиболее пагубное воздействие практически на все компоненты окружающей среды оказывает горнодобывающая промышленность:

- на литосферу (изменение рельефа местности, активизация опасных геологических процессов (карсты, оползни), химическое загрязнение почв и механическое нарушение почв)
- на гидросферу (истощение водоносных горизонтов, ухудшение качества подземных и поверхностных вод, чрезмерное осушение болот, почв и горных пород)
- на атмосферу (загрязнение атмосферного воздуха выбросами метана, серы, оксидов углерода из горных выработок, газовые и нефтяные пожары, выбросы пыли при взрывах в карьерах)

- на животный и растительный мир (вырождение растительности, гибель рыб из-за ухудшения качества поверхностных вод; нарушение растительного покрова при строительстве карьеров, захоронение травяного покрова под отвалами).

Одной из актуальнейших для каждого города проблем является *утилизация и складирование отходов*. Под *отходами* понимают остатки сырья материалов и полуфабрикатов, образовавшихся в процессе изготовления продукции и утратившие полностью или частично потребительские свойства исходного материала, а также продукты физико-химической переработки сырья. Отходы относятся к материальным объектам, которые могут обладать высокой потенциальной опасностью для окружающей среды и здоровья населения.

Отходы делятся на бытовые (коммунальные) и промышленные (отходы производства). В свою очередь бытовые и промышленные отходы можно подразделить на 2 группы: твердые (отходы металлов, дерева, пластмасс, пыли, мусора и т. д.) и жидкие (осадки сточных вод, шламы и др.). Отходы по степени действия на окружающую среду подразделяются на чрезвычайно опасные (1 класс), высоко опасные (2 класс), умеренно опасные (3 класс), мало опасные (4 класс) и практически неопасные (5 класс).

Причины образования твердых бытовых отходов (ТБО): рост производства товаров массового потребления одноразового использования; увеличение количества упаковки; повышение уровня жизни.

Серьезную экологическую опасность представляют и твердые промышленные отходы, объемы которых в несколько раз превышают объемы ТБО. Некоторые отрасли промышленности — энергетическая, горнорудная, химическая, черная металлургия и др. большую часть переработанного сырья пускают в отходы. Свалки, полигоны могут занимать значительные территории и содержать до нескольких млрд. м³ отходов. Промышленные отходы опасны не только тем, что они занимают много места, заиливают водостоки, неэстетичны, но, прежде

всего тем, что могут самовозгораться, содержат ядовитые вещества и соли тяжелых металлов, которые вымываются осадками, выветриваются, загрязняя почву, водный и воздушный бассейны.

Загрязнение водоемов, т.е. снижение их биосферных функций и экологического значения в результате поступления в них вредных веществ, проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода воздуха, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей.

Различают химические, биологические и физические загрязнители. Среди *химических загрязнителей* к наиболее распространенным относят нефть и нефтепродукты, СПАВ (синтетические поверхностно-активные вещества), пестициды, тяжелые металлы, диоксины и др. Очень опасно загрязняют воду *биологические загрязнители*, например вирусы, бактерии, водоросли и другие болезнетворные микроорганизмы, и *физические* — радиоактивные вещества, тепло, взвешенные частицы, песок, ил, глина и др.

Химическое загрязнение — наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть *органическим* (фенолы, нафтеновые кислоты, пестициды и др.) и *неорганическим* (соли, кислоты, щелочи), *токсичным* (мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия и др.) и *нетоксичным*. При осаждении на дно водоемов или при фильтрации в пласте вредные химические вещества сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок, и т. д., однако, как правило, полного самоочищения загрязненных вод не происходит. Очаг химического загрязнения подземных вод в сильно проницаемых грунтах может распространяться до 10 км и более.

Бактериальное загрязнение выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов (до 700 видов), простейших, грибов и др. Этот вид загрязнений носит временный характер.

Весьма опасно содержание в воде, даже при очень малых концентрациях, радиоактивных веществ, вызывающих *радиоактивное загрязнение*. Наиболее вредны «долгоживущие» радиоактивные элементы, обладающие повышенной способностью к передвижению в воде (стронций-90, уран, радий-226, цезий и др.). Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов на дне и др.

Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, ил и др.). Механические примеси могут значительно ухудшать органолептические показатели вод.

Тепловое загрязнение связано с повышением температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами. Наибольший вред водоемам и водотокам причиняет *выпуск* в них *неочищенных сточных вод* — промышленных, коммунально-бытовых, коллекторно-дренажных и др.

Серьезнейшая экологическая проблема — восстановление водности и чистоты малых рек (т. е. рек длиной не более 100 км), наиболее уязвимого звена в речных экосистемах. Именно они оказались наиболее восприимчивыми к антропогенному воздействию. Непродуманное хозяйственное использование водных ресурсов и прилегающих земельных угодий вызвало их истощение (а нередко и исчезновение), обмеление и загрязнение.

Еще в более серьезном положении, чем реки, оказываются замкнутые, бессточные водоемы — озера, биологическая активность в которых сильно понижена вследствие отсутствия в них достаточно мощного течения, способствующего перемешиванию воды и насыщению ее кислородом. Установлено, что под влиянием загрязняющих веществ в пресноводных экосистемах отмечается падение их устойчивости вследствие нарушения пищевой пирамиды и ломки сигнальных связей в биоценозе, микробиологического загрязнения, эвтрофирования и других крайне

неблагоприятных процессов. Они снижают темпы роста гидробионтов, их плодовитость, а в ряде случаев приводят к их гибели.

Различают два типа эвтрофирования – естественное и культурное. Первый – это процесс последовательного старения водоема в результате намывания ила и питательных веществ. Второй тип – культурное эвтрофирование, которое происходит вследствие интенсивного наплыва антропогенных отходов: переработанных бытовых и промышленных стоков, дренажных вод с сельскохозяйственных угодий. В последнее время наблюдается эвтрофирование рекреационных водоемов.

Помимо избытка биогенных веществ на пресноводные экосистемы губительное воздействие оказывают и другие загрязняющие вещества: тяжелые металлы (свинец, кадмий, никель и др.), фенолы, СПАВ и др. Так, например, водные организмы Байкала, приспособившиеся в процессе длительной эволюции к естественному набору химических соединений притоков озера, оказались неспособными к переработке чуждых природным водам химических соединений (нефтепродуктов, тяжелых металлов, солей и др.). В результате отмечено обеднение гидробионтов, уменьшение биомассы зоопланктона, гибель значительной части популяции байкальской нерпы и др.

Скорости поступления загрязняющих веществ в Мировой океан в последнее время резко возросли. Ежегодно в океан сбрасывается до 300 млрд. м³ сточных вод, 90% которых не подвергается предварительной очистке. На 1 км² океана ежегодно выбрасывается 17 т мусора. В океан ежегодно попадает 50 тыс. т пестицидов, 5 тыс. т соединений ртути, десятки миллионов тонн нефти. Нарушено равновесие в прибрежной зоне континентального шельфа, где сосредоточено 99% всех биологических ресурсов моря, добываемых человеком. Морские экосистемы подвергаются все большему антропогенному воздействию посредством химических токсикантов, которые, аккумулируясь гидробионтами по трофической цепи, приводят к гибели консументов даже высоких порядков, в том числе и

наземных животных — морских птиц, например. Среди химических токсикантов наибольшую опасность для морской биоты и человека представляют нефтяные углеводороды (особенно бенз(а)пирен), пестициды и тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий и др.).

Другая проблема городов — *истощение вод* — недопустимое сокращение их запасов в пределах определенной территории (для подземных вод) или уменьшение минимально допустимого стока (для поверхностных вод). И то и другое приводит к неблагоприятным экологическим последствиям, нарушает сложившиеся экологические связи в системе «человек — биосфера».

Практически во всех крупных промышленных городах мира, где подземные воды длительное время эксплуатируются мощными водозаборами, возникают значительные депрессионные воронки (понижения) с радиусами до 20 км и более. Все это, в конечном счете, приводит к значительному истощению подземных вод.

Интенсивная эксплуатация подземных вод в районах водозаборов приводят к изменению взаимосвязи поверхностных и подземных вод, к значительному ущербу речному стоку, к прекращению деятельности тысяч родников, многих десятков ручьев и небольших рек. Кроме того, в связи со значительным снижением уровней подземных вод наблюдаются и другие негативные изменения экологической обстановки: осушаются заболоченные территории с большим видовым разнообразием растительности, иссушаются леса, гибнет влаголюбивая растительность — гигрофиты и др.

Длительная интенсификация подземных водозаборов в определенных геолого-гидрогеологических условиях может вызвать медленное оседание и деформации земной поверхности. Последнее негативно сказывается на состоянии экосистем, особенно прибрежных районов, где затапливаются пониженные участки и нарушается нормальное функционирование естественных сообществ организмов и всей среды обитания человека.

Истощению подземных вод способствует также длительный неконтролируемый самоизлив артезианских вод из скважин.

Истощение поверхностных вод проявляется в прогрессирующем снижении их минимально допустимого стока. На территории России поверхностный сток воды распределяется крайне неравномерно. Около 90% общего годового стока с территории России выносится в Северный Ледовитый и Тихий океаны, а на бассейны внутреннего стока (Каспийское и Азовское море), где проживает свыше 65% населения России, приходится менее 8% общего годового стока. Именно в этих районах наблюдается истощение поверхностных водных ресурсов, и дефицит пресной воды продолжает расти. Связано это не только с неблагоприятными климатическими и гидрологическими условиями, но и с активизацией хозяйственной деятельности человека, которая приводит ко все более возрастающему загрязнению вод, снижению способности водоемов к самоочищению, истощению запасов подземных вод, а, следовательно, к снижению родникового стока, подпитывающего водотоки и водоемы.

В настоящее время состояние малых рек и озер, особенно в европейской части России, в результате резко возросшей антропогенной нагрузки на них, катастрофическое. Сток малых рек снизился более чем наполовину, качество воды неудовлетворительное. Многие из них полностью прекратили свое существование.

К очень серьезным негативным экологическим последствиям приводит и изъятие на хозяйственные цели большого количества воды из впадающих в водоемы рек. Так, уровень некогда многоводного Аральского моря начиная с 60-х гг. катастрофически понижается в связи с недопустимо высоким переизбором воды из Амударьи и Сырдарьи. Приведенные данные свидетельствуют о нарушении закона целостности биосферы, когда изменение одного звена влечет за собой сопряженное изменение всех остальных. Осушенное дно Аральского моря становится сегодня крупнейшим источником пыли и солей. В дельте Амударьи и Сырдарьи на

месте гибнущих тугайных лесов и тростниковых зарослей появляются бесплодные солончаки. Трансформация фитоценозов на берегу Аральского моря и в дельтах Амударьи и Сырдарьи происходит на фоне высыхания озер, проток, болот и повсеместного снижения уровня грунтовых вод, обусловленного падением уровня моря. В целом переизбыток воды из Амударьи и Сырдарьи и падение уровня моря вызвали такие экологические изменения приаральского ландшафта, которые могут быть охарактеризованы как опустынивание.

Последствия *загрязнения атмосферы городов* на разных территориальных уровнях в зависимости от конкретных условий ощущаются неодинаково.

На глобальном и континентальном уровнях главным образом проявляются последствия загрязнения атмосферы углекислым газом (изменение климата, «парниковый эффект», разрушения озонового экрана и, изменение газового баланса). Эти изменения ощущают на себе все люди, в какой бы точке планеты они не расселялись и независимо от того, являются ли их поселения «виновниками» таких нарушений в атмосфере.

На макротерриториальном уровне (крупные регионы отдельных континентов, крупные страны и их большие регионы) вполне реальна миграция аэрозолей (серной кислоты и сульфатов), мелких частиц пыли и т. д. Поэтому отдельные населенные пункты могут испытывать на себе вредное влияние этих веществ, выброшенных в атмосферу в другой части рассматриваемой территории.

На мезотерриториальном уровне (малые страны, отдельные промышленные районы, городские агломерации и т. д.) при соответствующих метеорологических условиях вполне вероятно загрязнение систем расселения данных территорий, помимо перечисленных ингредиентов, пестицидами, солями тяжелых металлов и особенно сернистым газом, эмиссия которого особенно велика в районах с развитой промышленностью.

На микротерриториальном уровне, т. е. в отдельных городах и других населенных местах, к названным выше загрязнителям следует добавить углеводороды, пыль, оксиды азота и еще многие ядовитые вещества, миграция которых на более значительные расстояния затрудняется их физическими и химическими особенностями.

Таким образом, наиболее сильны обратные реакции от загрязнения атмосферы в локальных точках — крупных городах и агломерациях, в которых сосредоточен основной промышленный потенциал и подавляющая часть транспортных средств.

В практике исследований загрязнений воздушного бассейна городов различают стационарные и мобильные источники загрязнений.

К стационарным - относятся объекты промышленности и энергетики, к мобильным - все виды городского транспорта.

Транспорт – важнейший элемент материально-технической базы и необходимое условие функционирования городов. С другой стороны, транспорт является одним из основных источников загрязнения окружающей природной среды. В мировом балансе загрязнения воздуха главное место принадлежит автотранспорту — 54%. В промышленно развитых странах до 85% загрязнений приходится на долю транспорта (автомобильного, железнодорожного, воздушного).

Выхлопные газы опасны и содержат около 200 веществ, большинство из которых ядовиты. Сюда входят оксид углерода, окислы азота, углеводороды, альдегиды, взвешенные частицы (PM_{10} , $PM_{2,5}$).

Уровень загрязнения воздушной среды транспортом значительно меняется от времени суток, времени года и погодных условий. В суточном режиме выявлено 2 пика движения автотранспорта, сопровождаемых повышением уровня загрязнения воздуха: 8-9 и 17-18 часов. Наибольшая концентрация окиси углерода зафиксирована в зимнее время, наименьшая — в летние месяцы, когда, как полагают исследователи, под действием положительных температур происходит активация некоторых бактерий,

поглощающих угарный газ. Улучшению экологической обстановки в городе способствует развитие.

К особо опасным стационарным источникам выбросов относятся предприятия черной и цветной металлургии (отличающиеся содержанием пыли, оксидов углерода, сернистого ангидрида, продуктов переработки руды, высокой температурой выбросов), а также химические предприятия (из-за большого разнообразия состава выбросов).

Современные антропоэкологические проблемы

Природа и биологические свойства человека, формировавшиеся в течение многих тысячелетий, не способны изменяться такими же быстрыми темпами, как мир, в котором он живет. Несоответствие между этими процессами может привести к конфликту между биологической природой человека и окружающей его средой.

Среди **антропоэкологических проблем** особое место занимает **проблема адаптации к условиям среды обитания**, приспособления организма человека к ее меняющимся свойствам.

С развитием городов, ростом автомобилизации и промышленности в окружающую среду поступают различные вещества, изменяющие состав воздуха, воды, почвы. Адаптационные механизмы человека не успевают за быстрыми изменениями условий окружающей среды.

При недостаточности адаптации, срыве адаптационных возможностей возникает болезнь.

В настоящее время здоровыми рождается только 10% новорожденных. При сохранении современных тенденций загрязнения среды через 10-15 лет рождение здорового ребенка станет редкостью.

Давно уже замечено, что продолжительность жизни сельского населения ниже, чем городского. С другой стороны, урбанизация приводит к появлению у городских жителей новых заболеваний, многие из которых отличаются хроническим, длительным течением. Горожане чаще, чем

сельские жители, страдают сердечно-сосудистыми, легочными, онкологическими заболеваниями, а также болезнями центральной нервной системы. Уровень заболеваемости болезнями органов кровообращения, нервной системы, респираторными недомоганиями в городе в 1,5—2 раза выше, чем на селе.

Среди причин, влияющих на здоровье населения, на первое место выходит образ жизни человека, на второе – наследственная предрасположенность, на третье – условия окружающей среды, на четвертое – уровень медицинской помощи.

К факторам ухудшения здоровья горожан относится избыточное потребление лекарств, широкое распространение курения, злоупотребление алкоголем и наркотическими веществами. Одним из специфических факторов урбанизированных территорий является транспортная усталость. Горожанин вынужден большее количество времени затрачивать на поездки из-за больших расстояний между местом работы, домом и учреждениями бытового и культурного обслуживания. При поездке в «час пик» еще до начала работы возникает чувство утомления и снижается работоспособность. Возвращение после работы в переполненном транспорте усугубляет физическое и психологическое напряжение, накопленное за день.

В настоящее время доказана взаимосвязь процессов урбанизации и акселерации – удивительного явления современности. Акселерация, т.е. увеличение роста и веса тела человека, раннее физическое и половое созревание, увеличение активного периода жизни человека, была выявлена еще в 19 веке в первых, промышленно развивающихся городах. Существуют самые различные предположения о природе этого явления: его связывают и с улучшением условий жизни, и с более разнообразным и полноценным питанием, и с изменением характера брачных связей. Но уже не вызывает сомнений его «городское происхождение»; проведенные

исследования в разных странах подтвердили: чем крупнее город, тем акселерация более выражена.

Горожане в значительной степени страдают «синдромом большого города» (подавленное состояние, психическая неуравновешенность, депрессия). При избытке раздражителей, поступающих по одним каналам связи, и дефиците поступающих по другим, развиваются сдвиги адаптивных процессов и возникает «болезнь» адаптации (при чрезмерном раздражении слухового анализатора развивается глухота; загрязненность среды обитания вызывает заболевания органов дыхания; растет уровень аллергических заболеваний).

Отдельно следует сказать о влиянии физических факторов на здоровье человека.

Урбанизированные территории характеризуются повышением уровня шума, увеличением затрат энергии на единицу площади (а следовательно, и увеличением отдачи тепла), усилением электромагнитного поля (воздействия линий электропередачи, радиотрансляционных и телевизионных станций, одновременной работы большого числа электромоторов и т. д.), ростом интенсивности радиации и гравитации (под воздействием огромных масс многоэтажных домов и работы скоростных лифтов) и повышением общего фона вибрации (вследствие высокой скорости транспортных средств, работы различных механизмов и машин).

Выделяют два вида *акустического шума*: фоноестественный и искусственный. В естественной среде это приятный шум прибоя, шелест листвы, журчание ручья, пение птиц, шум грозовых разрядов. Искусственный акустический фон создается хозяйственной, культурной и технической деятельностью человека. Различают акустические фоны внешней и внутренней окружающей среды. Последние образуются внутри помещений и состоят из нескольких групп шумов.

Ухо человека воспринимает звуковые колебания в пределах 16-20 000 Гц. В зависимости от уровня частоты шумы разделяют на 3 класса: 16 - 350

Гц – низкочастотный, 350 до 800 Гц – среднечастотный; 800 - 20 кГц – высокочастотный. Ниже 16 Гц и выше 20 кГц находятся соответственно области неслышимых человеком инфразвуков и ультразвуков.

Существует 3 градации уровней шума: допустимый (0-80дБ); предельно допустимый (80-120 дБ); недопустимый (свыше 120 дБ).

Мощными источниками шума в пределах урбанизированных территорий являются транспорт (городской транспорт, автотранспорт, авиационный транспорт, железнодорожный транспорт, в том числе и метрополитен) и работающие промышленные предприятия.

Вредное воздействие шума на здоровье человека зависит от уровня шума и от длительности нахождения человека в неблагоприятных акустическом отношении условиях. Шум воздействует на человека не только непосредственно, через слуховые анализаторы и вестибулярный аппарат, но и является источником побочных эффектов. Неслышимый ухом человека инфразвук в результате появления резонанса с нормальным низкочастотным спектром работы органов и систем может вызвать нарушения в работе сердца, легких, органов брюшной полости. Высокочастотные колебания ультразвука активно воздействуют на психическое состояние человека, вызывая безотчетное беспокойство, страх, тревогу, повышенное нервное возбуждение, сменяющееся депрессией.

Слышимый шум, при превышении определенного порога громкости, вызывает состояние дискомфорта. При уровне шума 50 дБ у людей нарушается сон, снижается концентрация внимания, а при уровне 65 дБ проявляются стрессовые реакции.

Громкий звук травмирует слуховые анализаторы, вплоть до потери слуха, затрудняет процессы обучения, общения, снижает работоспособность, повышает чувство усталости. Чрезмерный шум может стать причиной, повышенной нервной истощения, психической угнетенности, следствием которых могут стать сердечно-сосудистые заболевания, расстройства эндокринной системы, язвенная болезнь.

Доказано, шум способствует – мощный стрессорный фактор, способствующий снижению иммунитета.

Все работающие механизмы и машины, помимо шумового загрязнения, являются источниками *вибрации*.

Динамические воздействия колебаний в жилых помещениях зависят от многих факторов — скорости и интенсивности движения транспорта, удаленности автомобильных трасс от жилых зданий, технического состояния подвижного состава, качества пути, типа грунтов, расположения и вида подземных коммуникаций, конструкции зданий и др. Обширное вибрационное поле и распространение вибрационного фона на чрезвычайно большие расстояния создают полеты сверхзвуковых самолетов.

Организм человека реагирует на вибрацию, как на стрессовую ситуацию, при этом происходят изменения в центральной и вегетативной нервной системе, учащается пульс, повышается артериальное давление. Вибрация отрицательно сказывается на зрении, угнетает процессы дыхания.

Электромагнитное излучение как термин используется в урбоэкологии применительно к действию электрических и радиоволн, тепловых, инфракрасных и космических лучей.

Электромагнитные излучения создают периодически меняющиеся в пространстве электромагнитные поля, в которых переменное электрическое и магнитное поля тесно взаимосвязаны. Электромагнитные поля практически перекрывают все урбанизированные территории.

Источники электромагнитного «загрязнения» по их виду условно можно подразделить на точечные (радиостанции, телецентры, вышки сотовой связи), узловые (электролинейные станции, промышленные установки, системы радиообеспечения крупных аэропортов и др.) и линейные (линии электропередачи, электрифицированные линии железной дороги и т. д.).

В воздушной среде города выявлено появление так называемого «электрического смога» — накопление статических электрических зарядов на мельчайших частицах пыли в атмосферном воздухе.

К воздействию физических полей человек эволюционно более приспособлен, чем к химическому загрязнению среды, однако превышение их естественного фона приводит к негативным для здоровья человека последствиям.

Следствием поглощения энергии электромагнитного излучения является тепловой эффект. Воздействие Электромагнитного излучения особенно вредно для тканей со слаборазвитой сосудистой системой или недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный и мочевой пузырь). Облучение глаз может привести к помутнению хрусталика (катаракте), возможны ожоги роговицы.

При длительном действии электромагнитного излучения различных диапазонов длин волн при умеренной интенсивности (выше предельно допустимого уровня) характерным считают развитие функциональных расстройств в ЦНС. Возможны трофические нарушения: выпадение волос, ломкость ногтей, снижение массы тела. Наблюдаются изменения возбудимости обонятельного, зрительного и вестибулярного анализаторов. На ранней стадии изменения носят обратимый характер, при продолжающемся воздействии ЭМИ происходит стойкое снижение работоспособности.

Систематическое воздействие на человека электромагнитного излучения с уровнями, превышающими предельно допустимые уровни воздействия, приводит к развитию явлений дезадаптации, что проявляется в виде серьезных изменений в состоянии его здоровья, которые, однако, не имеют специфического характера. В первую очередь страдают центральная нервная, эндокринная и иммунная системы.

В настоящее время имеются данные, свидетельствующие о том, что электромагнитные излучения следует рассматривать как один из факторов

риска в развитии раннего атеросклероза, гипертонической болезни, ишемической болезни сердца и инфаркта миокарда, синдрома депрессии, а также таких нейродегенеративных заболеваний, как болезни Альцгеймера и Паркинсона, прогрессирующая мышечная атрофия.

Ионизирующее излучение представляет собой поток частиц (нейтроны, бета-, альфа-частиц, протонов) или электромагнитных волн (гамма- или рентгеновское излучение), способных вызывать ионизацию вещества.

Спонтанный распад атомов называется радиоактивностью, а избыток возникающей при этом энергии является формой ионизирующего излучения. Нестабильные элементы, образующиеся при распаде и испускающие ионизирующее излучение, называются радионуклидами.

Источники ионизирующего излучения подразделяются на 2 группы – искусственные и естественные. Большая часть (70%) ионизирующего излучения приходится на естественные источники (космическое излучение, излучение от горных пород); 29% – на воздействие от медицинских диагностических и лечебных процедур. На промышленные источники, а также испытания ядерного оружия и радиационные аварии и катастрофы остается не более 1% популяционной дозы.

Воздействие излучения может быть внутренним или внешним и может происходить различными путями.

Внутреннее воздействие ионизирующего излучения происходит, когда радионуклиды вдыхаются, поглощаются или иным образом попадают в кровообращение (например, в результате инъекции, ранения). Внутреннее воздействие прекращается, когда радионуклид выводится из организма либо самопроизвольно (с экскрементами), либо в результате лечения.

Внешнее радиоактивное заражение может возникнуть, когда радиоактивный материал в воздухе (пыль, жидкость, аэрозоли) оседает на кожу или одежду или при воздействии рентгеновских лучей в медицинских целях.

Потребление зараженных пищевых продуктов и/или воды увеличивает общее радиационное воздействие и может создать повышенный риск долгосрочных последствий, таких как онкологические заболевания.

В городах актуальна проблема заражения жилых помещений радоном.

Наибольший вклад в радиационный фон Земли вносит радон, поступающий из земной коры. Источниками радона являются почва, строительные материалы и вода из подземных источников. В природе радон встречается главным образом в виде двух основных изотопов – радона-222 (он является продуктом распада урана-238) и радона-220 (продукт распада тория 232). Радон-222 вносит в суммарную дозу облучения вклад в 20 раз больший, чем радон-220.

Суточные колебания содержания радона на открытом воздухе составляют от 1 до 100 Бк/м³, причем его концентрация достигает максимума при высоком давлении и ясной погоде (особенно в ночные и ранние утренние часы).

Основной путь проникновения радона в помещения – инфильтрация из-под фундамента зданий. Концентрация радона внутри помещения обычно намного превышает его содержание на открытом пространстве, поэтому большая часть радона проникает в организм человека в плохо проветриваемых помещениях. Особенно высоки концентрации радона в плохо проветриваемых квартирах первых этажей, цокольных и подвальных помещений. Влажность помещения значительно повышает выделение радона.

Радон хорошо растворяется в воде и при контакте подземных вод с радоном, они очень быстро насыщаются последним. Растворенный в воде радон действует двояко. С одной стороны, он вместе с водой попадает в пищеварительную систему, а с другой стороны, люди вдыхают выделяемый водой радон при ее использовании. Ингаляционный способ воздействия радона считается более опасным для здоровья.

Один из наиболее результативных методов борьбы с радоном - аэрирование воды.

Все рассмотренные явления отрицательно сказываются на самочувствии населения, что выражается, прежде всего, в быстрой утомляемости, подверженности различным заболеваниям преимущественно неинфекционной природы и неврозам. Такое самочувствие значительной части городских жителей считается на Западе специфическим заболеванием, получившим название «урбанит».

Глава 8. Аспекты видеоэкологии

Научное направление, изучающее визуальную среду как экологический фактор, получило название *видеоэкологии*. Урбанизация внесла существенные изменения в постоянную видимую среду человека. Это касается как цветовой гаммы, так и структуры окружающего пространства.

Совершенно очевидно, что естественная среда является для глаза более адекватной, так как к ней он эволюционно приспособился за многие миллионы лет, а в городской среде человек оказался относительно недавно. Известно так же, что при длительном пребывании человека в видимой среде, бедной зрительными элементами, наступает нарушение движений глаз, ухудшается самочувствие и возникает ощущение дискомфорта. Следовательно, постоянное видимое поле, его насыщенность зрительными элементами оказывают воздействие на состояние человека, т.е. действуют как любой другой экологический фактор, наряду с загрязнением воды и воздуха, повышенным шумом и радиацией.

Зрительное восприятие окружающего пространства достигается совместной работой сенсорного и двигательного аппарата. Причём двигательный аппарат глаз работает в активном режиме, благодаря чему обеспечивается непрерывное сканирование двигательного пространства. Иными словами, в большинстве случаев первичным является движение глаз, а вторичным – увиденная часть пространства или его отдельная деталь, за которую «зацепился» глаз. Это новое представление о механизме быстрых движений глаз, или саккад.

Таким образом, теоретической основой видеоэкологии является концепция об автоматии саккад. *Автоматия саккад* – это свойство глазодвигательного аппарата человека совершать быстрые движения глаз произвольно в определенном ритме в бодрствующем состоянии при наличии и отсутствии зрительных объектов и во время парадоксальной стадии сна.

Глаз – самый активный из органов чувств; он никогда не стоит на месте, постоянно перемещаясь в двух основных плоскостях: горизонтальной

(право - лево) и вертикальный (вверх - вниз). Такая активность достигается природой глазодвигательного аппарата и в особенности работы его нервных центров, а также свойствами мышц глаза, которые являются самыми быстродействующими в организме.

Характер следования саккад обусловлен деятельностью центральной нервной системы, соответствующие структуры которой способны генерировать сигнал по типу автоматии, т.е. способны к ритмогенезу. Каждому человеку присущ собственный паттерн следования саккад, который определяется тремя параметрами: интервалом между саккадами, их амплитудой и ориентацией.

Перемещения глаза, в основном, достигаются двумя видами движений: медленными и быстрыми. Быстрые движения глаз на записи имеют вид вертикальных прямых тонких линий – саккад. Саккады правого и левого глаза совершенно синхронны и одинаковой амплитуды. Ориентированы саккады так же в одном направлении.

Движения глаз обладают большой индивидуальностью, Тем не менее было выделено пять характерных типов движений.

1. *П – образный тип* – на неизменном фоне медленных движений глаз появляется саккада, а через некоторое время последующая саккада приводит глаз в исходное состояние, в результате чего на записи получится буква «П». Такой тип движения глаза встречается наиболее часто и присущ уравновешенным людям, а также людям с близорукостью.

2. *Саккадический тип* характеризуется множеством саккад, которые возникают на меняющемся фоне медленных движений глаза. Сами саккады различаются по амплитуде и имеют выраженные проскоки. Саккадический тип чаще всего встречается у возбудимых людей.

3. *Оптокинетический тип* характеризуется ориентированием большей части саккад в одну сторону (при дефектах в зрительной системе).

4. *Дрейфовый тип* регистрируется у спокойных и флегматичных людей дрейфовый тип движения глаз, который характеризуется малым числом саккад и большими колебаниями медленного компонента движений.

5. *Взрывной тип* присущ людям с психическими отклонениями в скрытой форме.

В темноте саккады не исчезают. Они следуют в прежнем ритме, но амплитуда их увеличивается. Саккады можно зарегистрировать не только у бодрствующего человека, они есть и во время сна в стадии быстрых движений глаза. Приём алкоголя оказывает большое влияние на автоматизацию саккад. Уже через 40 – 60 минут все саккады ориентированны в одну сторону – в ту, куда было направлено большее число саккад при фиксации неподвижной точки. Таким образом, алкогольная интоксикация усугубляет физиологическую асимметрию. Восстановление нормы происходит только спустя двое суток.

Психологическими исследованиями было выявлено, что длительное пребывание в условиях недостатка информации для органов чувств приводит к «сенсорному голоду». Такие условия возникают у полярников, моряков – подводников, спелеологов, космонавтов, машинистов метро и людей, занятых однообразным трудом в замкнутом пространстве. Особенно тяжело люди переносят зрительное голодание. На Крайнем севере, где визуальная среда бедна зрительными элементами, значительно чаще встречаются нервно – психические заболевания по сравнению с умеренным и южными районами земного шара.

Гомогенная видимая среда – это такая среда, в которой либо совсем отсутствуют видимые элементы, либо их число резко снижено. В городской среде возникает много гомогенных видимых полей, в частности их создают торцы зданий. При взгляде на «голую» бетонную стену, стеклянные поверхности зданий глазу совершенно не за что «зацепиться» после

очередной саккады. Если человек окажется у такой стены на расстоянии 40 метров, то она застилает его взор со всех сторон. Это значит, что если человек смотрит на такую поверхность всего лишь 3 секунды, за это время возникает 6 – 9 саккад и все они приходятся на голую стену, где нет элементов для фиксации взгляда. Подобную ситуацию можно сравнить с ощущением, когда человек делает очередной шаг и не чувствует под ногой твёрдую почву. Так и глаз за 3 секунды около десяти раз «проваливается в бездну». Однородные гомогенные поля окружают человека не только на городских улицах – их достаточно и дома, и на работе. Они начинаются с гладкой входной двери квартиры, продолжаются полированными стенами и заканчиваются кухонной мебелью, облицованной гладким пластиком.

Механизмы зрительного восприятия, которые не могут полноценно работать в гомогенной среде следующие.

1. В гомогенной среде не может полноценно работать автоматия саккад, так как после очередной саккады глаз не находит детали для осуществления фиксации. Длительная работа в этом режиме вначале ведёт к ощущению дискомфорта, а потом к нарушению автоматии саккад.

2. В гомогенной среде не могут полноценно работать системы включения и выключения рецепторов, которые в обычной ситуации срабатывают только на перепад освещённости.

3. В гомогенной среде не может полноценно работать бинокулярный аппарат глаз, аппарат аккомодации, регуляция размера зрачка.

4. В гомогенной среде должным образом не срабатывают нервные клетки мозга.

Помимо гомогенной среды, город насыщен *агрессивной видимой средой*. Это присуще всем многоэтажным зданиям, где на огромной стене расположено большое число окон. Глядя на общественное здание, мы видим одновременно более 500 одинаковых окон. Аналогичную негативную реакцию вызывают и здания с накладными вертикальными

рустами, большее число которых создаёт агрессивное поле по типу «тельняшки».

Был отмечен тот факт, что, встречаясь «лицом к лицу» с агрессивным полем большого размера, имеющего слабую информативность, человек начинает покачивать головой, тем самым увеличивая число движений. Это одновременно подключает вестибулярный аппарат для того, чтобы разобраться в окружающей среде, или по меньшей мере выяснить, где «верх», а где «низ» и тем самым локализовать себя в пространстве. Контрастность зрительно восприятия в агрессивной среде резко нарушается.

Таким образом, визуальная среда – один из главных компонентов жизнеобеспечения человека. До тех пор, пока человек большую часть времени пребывал в естественной природной среде, проблем в области видеоэкологии практически не было. В агрессивной и гомогенной видимой среде не могут полноценно работать фундаментальные механизмы зрения, в том числе и такие, как автоматия саккад.

Процессы урбанизации ведут к неуклонному росту числа психических заболеваний. По оценке психиатров, 80% их пациентов страдают так называемым синдромом большого города, основные признаки которого подавленное состояние, психическая неуравновешенность и агрессивность. Можно предположить, что рост числа психических заболеваний в определенной степени обусловлен противоестественной визуальной средой в городе, поскольку в гомогенной и агрессивной видимой среде человек чаще пребывает в состоянии беспричинного озлобления.

Глава 9. Влияние городской среды на здоровье населения

Согласно определению Всемирной организации здравоохранения, *здоровье* – объективное состояние и субъективное чувство полного физического, психического и социального благополучия.

Принято проводить четкую грань между индивидуальным и популяционным здоровьем.

Индивидуальное здоровье человека формируется индивидуально в условиях общества на основе наследственных факторов и образа жизни, который ведет отдельный человек. *Здоровье человека* — это функциональное состояние его организма, обеспечивающее продолжительность жизни, физическую и умственную работоспособность, хорошее самочувствие и способность воспроизводства здорового потомства.

Можно говорить о трех видах индивидуального здоровья – о здоровье физическом, психическом и нравственном (социальном).

Физическое (телесное, соматическое) здоровье подразумевает отсутствие у человека не только заболеваний, но и любых морфологических и функциональных нарушений в организме, которые рассматриваются как предпосылки к формированию хронической патологии. Основа физического здоровья – морфологические и функциональные резервы клеток, тканей, органов и систем органов, обеспечивающие приспособление организма к воздействию различных факторов. *Психическое здоровье* – психическое состояние, способствующее наиболее полному физическому, умственному и эмоциональному развитию человека. *Социальное здоровье* – это хорошее самочувствие человека в обществе, коллективе, семье в реальных жизненных обстоятельствах.

Популяционное здоровье рассматривают как основное свойство человеческой общности, ее естественное состояние, отражающее индивидуальные приспособительные реакции каждого сочлена общности людей и способность всей общности наиболее эффективно осуществлять

свою социальную и биологическую функцию в определенных условиях конкретного региона.

Оценка качества популяционного здоровья предполагает определение уровня здоровья общности. В самом широком толковании уровень здоровья населения представляет собой совокупность усредненных демографических, медико-статистических, антропометрических, генетических, физиологических, иммунологических, нервно-психических признаков составляющих общность людей. Совокупность этих признаков позволяет судить о жизнеспособности изучаемой общности и ее работоспособности, физическом развитии, заболеваемости, средней продолжительности жизни членов общности, способности их к воспроизводству здорового потомства.

Под термином *общественное психическое здоровье* подразумевается уровень психического здоровья популяции, то есть распространенность в ней психических заболеваний, алкоголизма и наркомании, умственной отсталости, различных форм деструктивного поведения, соотношение между психически здоровыми и больными людьми.

С учетом степени влияния на состояние здоровья, в том числе и городского населения, принято выделять 4 группы факторов: окружающая природная среда; наследственность; образ жизни; медицина и здравоохранение.

Существенное влияние на изменение показателей здоровья оказывает изменившаяся городская окружающая среда. В настоящее время выделяют группу болезней, причиной которых является загрязненная окружающая среда и неправильный образ жизни современного человека - «*болезни цивилизации*» - заболевания человека, связанные с духовным неблагополучием, нарушением морально-нравственных норм и механизмов адаптации к неблагоприятным факторам антропогенно измененной среды в условиях стремительного роста научно-технического прогресса.

К группе болезней цивилизации относят патологии сердечно-сосудистой, нервной, иммунной, пищеварительной, эндокринной систем. Установлено, что первопричиной этого роста является стресс. Свое конкретное клиническое выражение это несоответствие находит, прежде всего, в так называемом неврозе неотреагированных эмоций, который лежит в основе возникновения инфарктов миокарда, гипертонической болезни, атеросклероза, сахарного диабета и широкого спектра неврологических заболеваний.

Следствием все возрастающей механизации и автоматизации труда является гиподинамия – резко сниженная мышечная активность. Доля физического труда в деятельности человека сто лет назад составляла 98 %, а сейчас — около 2 %. Детренированность организма способствует также развитию сердечно-сосудистой патологии (инфаркт миокарда, гипертоническая болезнь, инсульт, варикозное расширение вен).

Одной из самых распространенных болезней в экономически развитых странах, является ожирение вследствие потребления продуктов питания с консервантами. Кроме того, химически и механически переработанные продукты привели к тому, что нагрузка на зубной аппарат резко снизилась, следствием чего стала настоящая «пандемия» кариеса, тогда как раньше это заболевание встречалось редко. Обработанные химикатами овощи и фрукты приводят к отравлениям и часто с летальным исходом.

Техногенная цивилизация характеризуется неудержимым ростом различных отраслей промышленности, где заняты миллионы людей. Следствием этого является появление новой группы заболеваний, ранее не известной человечеству, так называемых профессиональных болезней, вызванных воздействием на людей производственных факторов (физических, химических, биологических, психических). К ним относятся силикозы, антракозы, бериллиозы, силикатозы, асбестозы, отравления инсектицидами, пестицидами, шумовая и вибрационная болезни.

Рост загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами оказывает существенное влияние на онкологическую заболеваемость, которая за последние 30 лет среди городского населения возросла в 2 раза. Факторы, вызывающие опухоли, имеют химическую, физическую, иммунологическую, генетическую природу.

Перечисленные выше заболевания далеко не исчерпывают список патологий техногенной и информационной цивилизаций. Не исключено, что в недалеком будущем появятся новые, неизвестные в настоящее время болезни.

К болезням цивилизации относят и *экологически обусловленные заболевания* – это заболевания, развившиеся среди населения какой-либо территории под воздействием на людей вредных факторов среды обитания (химических веществ, физических факторов и др.) и проявляющиеся характерными для действия этого причинного фактора симптомами и синдромами или иными неспецифическими отклонениями, которые провоцируются экологически неблагоприятными факторами.

По своей природе все экологически обусловленные заболевания можно разделить на две группы:

- экологически обусловленные заболевания, *связанные с действием природно-обусловленных причин* (или так называемых эндемичных заболеваний) — избыток или недостаток отдельных элементов в питьевой воде, местных продуктах питания, воздействие экстремальных климатических условий и т. д.;
- экологически обусловленные заболевания, *связанные с деятельностью человека* (или техногенные).

Данные заболевания в свою очередь также можно разделить на две группы:

- вызванные длительным (постоянным) воздействием того или иного вредного фактора или их сочетаний на организм человека. При этом они проявляются повышенным по сравнению с фоновым уровнем и/или по

сравнению с другими территориями уровнем заболеваемости известными болезнями;

- вызванные резким внезапным значительным увеличением того или иного вредного фактора химической или физической природы во внешней среде (как правило, в результате аварий). При этом на данной территории наблюдается резкое увеличение (вспышка) «новых» или уже известных заболеваний.

С учетом возникновения и распространенности в той или иной зоне очага социально-экологического напряжения выделяется следующая классификация экологически обусловленных заболеваний:

1) *Индикаторная экологическая патология* [2] отражает высокую степень зависимости состояния здоровья от загрязнения окружающей среды (профессиональные болезни, онкологические заболевания, перинатальная смертность, врожденная патология, генетические дефекты, аллергические заболевания и реакции, токсикологические поражения).

2) *Экологически зависимая патология* [2] отражает среднюю степень зависимости от загрязнения окружающей среды (младенческая смертность, смертность детей раннего возраста, общая детская смертность, вторичные иммунодефициты, смертность новорожденных, хронический бронхит и пневмонии у детей, хронические паренхиматозные поражения печени и желчевыводящих путей, обострения основных заболеваний дыхательной и сердечно-сосудистой систем в дни резкого ухудшения метеорологической обстановки в городах, микроэлементозы).

3) *Экологически обусловленная патология* - отражает умеренную зависимость от состояния окружающей среды (спонтанные выкидыши, патология беременности, хронический бронхит и пневмонии у взрослых, заболеваемость с временной утратой трудоспособности (инфекционной и неинфекционной природы),

анемии у детей, основные заболевания сердечно-сосудистой системы, увеличение донозологических показателей меры риска ведущих общих заболеваний).

Глава 10. Оценка экологического риска здоровью населения

Ежедневно на человека воздействует одновременно сложный комплекс множества факторов окружающей среды. Одним из них является химическое загрязнение выбросами предприятий и автотранспорта атмосферного воздуха, почвы, водных объектов. Деятельность особо вредных производств приводят к ухудшению экологической обстановки как в отдельных регионах, так и в целом мире, постоянно увеличивая опасность для жизни и здоровья населения.

В настоящее время в качестве главного механизма разработки и принятия управленческих решений как на международном, государственном или региональном уровнях, так и на уровне отдельного производства или другого потенциального источника загрязнения окружающей среды используется *концепция оценки риска*.

Основным нормативным документом, используемым при анализе риска отечественными эпидемиологами является «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р 2.1.10.1920-04. Приведем основные термины, используемые при анализе риска здоровью.

Риск (risk) – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда (№ 184-ФЗ «О техническом регулировании»). Это определение интегрирует несколько разноплановых понятий о риске (здоровью, экологический, повреждений имуществу и пр.), что соответствует совокупному риску.

Риск для здоровья (human health risk) – вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека, либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды обитания.

Рассчитывают индивидуальный и популяционный риски для здоровья населения.

Индивидуальный риск (individual risk) – оценка вероятности развития неблагоприятного эффекта у экспонируемого индивидуума.

Популяционный риск (population risk) – агрегированная мера ожидаемой частоты вредных эффектов среди всех подвергшихся воздействию людей (Р 2.1.10.1920-04).

Согласно современной концепции экологического риска осуществление анализ риска ставит своей целью выбор оптимальных в данной конкретной ситуации путей устранения или снижения риска.

Анализ риска включает три взаимосвязанных элемента:

- оценка риска для здоровья,
- управление риском
- информирование о риске.

Оценка риска для здоровья человека (human health risk assessment) – это количественная и/или качественная характеристика вредных эффектов, способных развиться в результате воздействия факторов среды обитания человека на конкретную группу людей при специфических условиях экспозиции.

Управление риском (risk management) – процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь проекта, вызванных его реализацией. Управление риском базируется на совокупности политических, социальных и экономических оценок полученных величин риска, сравнительной характеристике возможных ущербов для здоровья людей и общества в целом, возможных затрат на реализацию различных вариантов управленческих решений по снижению риска и тех выгод, которые будут получены в результате реализации мероприятий (например, сохраненные человеческие жизни, предотвращенные случаи заболеваний и др.).

Информирование о риске (risk communication) – процесс распространения результатов определения степени риска для здоровья

человека и решений по его контролю среди заинтересованной части населения (например, среди врачей, научных сотрудников, политиков, лиц, принимающих управленческие решения и др.). Полученные в процессе оценки риска данные должны быть полностью понятны специалистам по регулированию риска и, кроме того, доступны для представителей прессы и заинтересованных групп населения. При распространении информации о риске необходимо принимать во внимание особенности восприятия риска разными группами населения. Население в своем восприятии риска ориентируется не только на его количественные характеристики и возможные последствия для здоровья, но на уже сформировавшееся мнение общественности («факторы возмущения»).

Оценка риска здоровью

Оценка риска в общем виде подразумевает процесс идентификации, оценки и прогнозирования негативного воздействия на окружающую среду и/или здоровье и благосостояние людей в результате функционирования промышленных и иных производств и объектов, которые могут представлять опасность для населения и окружающей среды.

Полная (базовая) схема оценки риска предусматривает проведение четырех взаимосвязанных этапов:

- идентификация опасности,
- оценка зависимости «доза-ответ»,
- оценка экспозиции,
- характеристика риска.
-

Идентификация опасности (hazard identification) – обнаружение и установление количественных, временных, пространственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на

обеспечение жизнедеятельности, является процессом идентификацией опасности. Этап идентификации опасности включает в себя:

- Сбор и анализ данных.
- Выбор показателей опасности потенциально вредных факторов, в том числе:
 - анализ информации о показателях опасности химических канцерогенов,
 - анализ информации о показателях опасности химических неканцерогенов.
- Выбор приоритетных для исследования веществ.
- Ранжирование химических соединений.

С целью определения перечня приоритетных для последующих исследований потенциально вредных химических соединений первоначально составляется максимально полный список всех химических веществ, способных воздействовать на человека на исследуемой территории. При оценке риска конкретного объекта, например, промышленного предприятия, наиболее важным источником информации являются сведения о качественном и количественном составе выбросов или сбросов от данного объекта, их пространственных и временных характеристиках.

В предварительный список должны быть включены:

- компоненты выбросов от источников загрязнения атмосферного воздуха;
- компоненты сбросов сточных вод в водоем;
- химические соединения и продукты их трансформации, попадающие в питьевую воду из водоисточника;
- компоненты загрязнения почвы.

Источниками данных о потенциальной опасности химического вещества являются его физико-химические свойства, результаты эпидемиологических исследований, сообщения о нарушении состояния

здоровья лиц, подвергавшихся вредному воздействию, результаты клинических исследований, экспериментов на лабораторных животных, опытов *in vitro*, анализа зависимости «химическая структура-биологическая активность».

При выборе показателей учитываются приоритетные пути их попадания в организм человека, а также способность вызывать канцерогенные и неканцерогенные эффекты.

Канцерогенный риск (carcinogenic risk) – вероятность развития злокачественных новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена. Канцерогенный риск представляет собой верхнюю доверительную границу дополнительного пожизненного риска. Международное Агентство по изучению рака (МАИР) разделило неблагоприятные факторы окружающей и природной среды по степени их канцерогенной опасности для человека на 4 группы.

К группе 1 отнесены факторы, в отношении которых имеются безусловные доказательства опасности возникновения опухолей у человека, контактировавшего с ними.

Группа 2 подразделяется на две подгруппы. В группу 2А входят вероятные канцерогены, в отношении которых имеются ограниченные доказательства канцерогенной опасности для человека. К группе 2В относятся возможные канцерогены, т.е. факторы, в отношении которых имеются ограниченные доказательства их канцерогенности в экспериментах на животных.

В *группу 3* включены вещества, которые не классифицируют как канцерогены для человека.

К *группе 4* отнесены вещества, не обладающие канцерогенным эффектом.

Основной задачей этапа идентификации опасности является выбор приоритетных, индикаторных химических веществ, изучение которых позволяет с достаточной надежностью охарактеризовать уровни риска

нарушений состояния здоровья населения и источники его возникновения в районе размещения предприятия.

Исключение химических соединений из первоначального перечня анализируемых веществ осуществляется с использованием следующих критериев:

- отсутствие результатов измерений концентраций вещества или ненадежность имеющихся данных;
- концентрация неорганического соединения (железа, кальция и др.) ниже естественных фоновых уровней;
- вещество обнаружено только в одной или двух средах, в небольшом числе проб (менее 5 %);
- концентрация вещества существенно ниже референтных (безопасных) уровней воздействия;
- отсутствие выраженной токсичности и подозрений в отношении канцерогенности для человека (группы 3 и 4 по классификации МАИР);
- концентрация эссенциального элемента находится в пределах его рекомендуемого суточного поступления.

Основной параметр для оценки канцерогенного риска воздействия канцерогенного агента – *фактор канцерогенного потенциала (carcinogenic potential factor, CPF)*, или *фактор наклона (slope factor, SF)*, характеризующий степень нарастания канцерогенного риска с увеличением воздействующей дозы на одну единицу. Фактор наклона имеет размерность $(\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{день}))^{-1}$. Этот показатель отражает верхнюю, консервативную оценку канцерогенного риска за ожидаемую продолжительность жизни человека (70 лет). Значения SF устанавливаются отдельно для *ингаляционного (SF_i) и перорального (SF_o)* поступления химических канцерогенов (Р 2.1.10.1920-04. Приложение 2).

Для неканцерогенов *учитывают референтную дозу (reference dose, RfD)* (при пероральном пути поступления химического вещества) или *референтную концентрацию (reference concentration, RfC)* (при

ингаляционном пути поступления химического вещества) – суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое устанавливается с учетом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения.

При выявлении в ходе инвентаризации выбросов канцерогенов вычисляется *ранговый индекс канцерогенной опасности (hazard rating index, $HRI_{\text{канц.}}$)* по формуле (1):

$$HRI_{\text{канц.}} = \frac{E \cdot W_c \cdot P}{10000}, \quad (1)$$

где:

E (*exposure*) – величина условной экспозиции (объем годового выброса, т/год). При сравнении опасности загрязнений различных объектов окружающей среды, величину E следует представлять в баллах: поступление в количестве < 10 т/год - 1 балл, 10 -100 - 2 балла, 100 - 1 000 - 3 балла, 1 000 - 10 000 - 4 балла, > 10 000 - 5 баллов;

W_c – весовой коэффициент канцерогенной активности (табл. 1);

P (*population*) – численность популяции под воздействием (чел.). При выраженных различиях в численности населения на сравниваемых территориях, значения P следует представлять в баллах: < 1 000 чел. - 1 балл, 1000 - 100 000 чел. - 2 балла, 100 000 – 10 000 000 чел. - 3 балла, > 10 000 000 чел. - 4 балла.

Единицы измерения параметров, входящих в формулу, должны быть одинаковыми для всех сопоставляемых химических веществ.

Таблица 1

Весовые коэффициенты для оценки канцерогенных эффектов (W_c)

Фактор канцерогенного потенциала (мг/кг)	Группа по классификации US EPA	
	1/2A	2B
< 0.005	10	1
0.005 – 0.05	100	10
0.05 – 0.5	1000	100
0.5 – 5.0	10000	1000
5.0 – 50.0	100000	10000
> 50.0	1000000	1000000

Для неканцерогенов вычисляется *ранговый индекс неканцерогенной опасности* (*hazard rating index*, $HRI_{\text{неканц.}}$) по формуле (2):

$$HRI_{\text{неканц.}} = \frac{E \cdot TW_c \cdot P}{10000}, \quad (2)$$

где:

E – величина условной экспозиции (объем годового выброса, т/год);

TW – весовой коэффициент неканцерогенной активности (табл. 2);

P – численность популяции под воздействием (чел.).

Таблица 2

Весовые коэффициенты для оценки неканцерогенных эффектов (TW)

Референтная (безопасная) доза, мг/кг	Референтная (безопасная) концентрация, мг/м ³	Весовой коэффициент
<0,00005	<0,000175	100000
0,00005-0,0005	0,000175-0,00175	10000
0,0005-0,005	0,00175-0,0175	1000
0,005-0,05	0,0175-0,175	100
0,05-0,5	0,175-1,75	10
>0,5	>1,75	1

Примечание. Значения референтных доз и концентраций должны иметь одинаковый период усреднения экспозиции (например, референтные концентрации для условий острого, подострого и хронического воздействия).

Оценка зависимости «доза-ответ» (dose-response assessment) – это процесс количественной характеристики токсикологической информации и установления связи между воздействующей дозой (концентрацией) загрязняющего вещества и случаями вредных эффектов в экспонируемой популяции. Целью данного этапа является обобщение и анализ всех

имеющихся данных о гигиенических нормативах, безопасных уровнях воздействия (референтных дозах и концентрациях), критических органах/системах и вредных эффектах. Важно помнить о двух крайних проявлениях вредного эффекта: канцерогенном и неканцерогенном. Международная методология оценки риска предполагает, что:

- для неканцерогенных веществ и канцерогенов с негенотоксическим механизмом действия предполагается существование пороговых уровней, ниже которых вредные эффекты не возникают;

- канцерогенные эффекты при воздействии химических канцерогенов, обладающих генотоксическим действием, могут возникать при любой дозе, вызывающей инициирование повреждений генетического материала (СанПиН 2.1.6.1032-01).

Канцерогенный и неканцерогенный эффекты имеют разную геометрическую форму зависимости «доза - ответ». Канцерогены не имеют порога, поэтому их зависимость «доза - эффект» проходит через ноль, т.е. риск отсутствует только при нулевом значении. (рис. 1а). Факторами канцерогенного потенциала являются фактор наклона (SF) и единичный риск (UR).

Фактор наклона (slope factor, SF) отражает степень увеличения канцерогенного риска при возрастании воздействующей дозы (раздел 1.1.3).

Единичный риск (unit risk, UR) представляет собой верхнюю, консервативную оценку канцерогенного риска у человека, подвергающегося на протяжении всей своей жизни постоянному воздействию анализируемого канцерогена в концентрации 1 мкг/м³ (атмосферный воздух) или 1 мкг/л (питьевая вода). Для расчета единичного риска используются средние значения массы тела человека (70 кг), (20 м³/сут.) и питьевой воды (2 л/сут.). При ингаляционном воздействии канцерогена на организм человека используется формула (3), при пероральном – формула (4):

$$UR_i = SF_i \cdot V_{\text{воздуха}}/m \quad (3)$$

$$UR_o = SF_o \cdot V_{\text{воды}}/m \quad (4)$$

где:

SF – фактор наклона, $\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{день}))^{-1}$;

$V_{\text{воздуха}}$ – объем суточного потребления воздуха, $20 \text{ м}^3/\text{сут.}$;

$V_{\text{воды}}$ – объем суточного потребления воды, $2 \text{ л}/\text{сут.}$;

m – масса тела человека, 70 кг

Для *неканцерогенов* строится S-образная (сигмовидная) кривая, левая ветвь которой совмещается с абсциссой в точке, соответствующей нулевому эффекту, так как данные агенты вызывают риск только при превышении порогов или безопасных (референтных) уровнях воздействия (рис. 16).

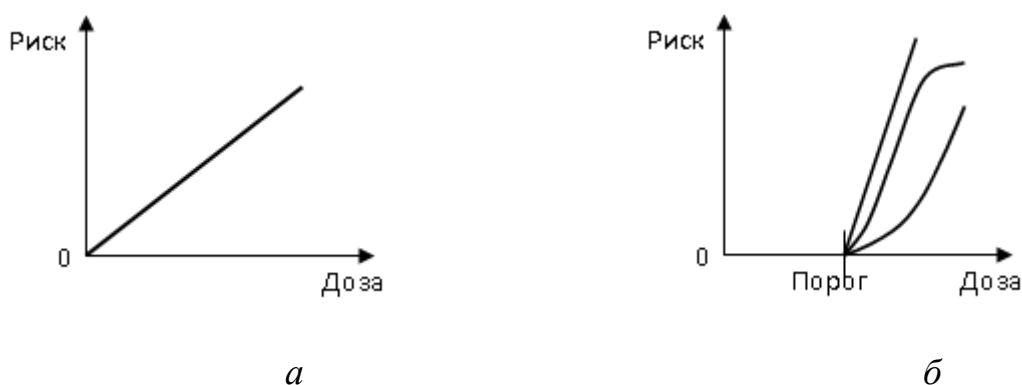


Рис 4. Зависимость риска угрозы здоровью от дозы загрязнителя: *а* – линейная зависимость (беспороговый загрязнитель); *б* – сложная связь (пороговый загрязнитель)

На последнем этапе оценки зависимости «доза-ответ» выделяют органы и системы органов, на которые рассматриваемые химические вещества оказывают критический эффект.

Экспозиция (воздействие) (exposure assessment) – контакт организма (рецептора) с химическим, физическим или биологическим агентом. Величина экспозиции определяется как измеренное или рассчитанное количество агента в конкретном объекте окружающей среды, находящееся в соприкосновении с так называемыми пограничными органами человека (легкие, пищеварительный тракт, кожа) в течение какого-либо точно

установленного времени. Экспозиция может быть выражена как общее количество вещества в окружающей среде (в единицах массы, например, мг), или как величина воздействия - масса вещества, отнесенная к единице времени (например, мг/день), или как величина воздействия, нормализованная с учетом массы тела мг/(кг· день). Этап оценки экспозиции обычно включает в себя:

-характеристику окружающей обстановки, которая предусматривает анализ основных физических параметров исследуемой области (климат, метеоусловия, геологическое строение, растительность, гидрологию подземных вод, описание поверхностных водоемов и т.д.) и характеристику популяций, потенциально подверженных воздействию.

-идентификацию маршрутов воздействия, источников загрязнения, потенциальных путей распространения и точек воздействия на человека.

-количественную характеристику экспозиции, которая предусматривает установление и оценку величины, частоты и продолжительности воздействий для каждого анализируемого пути поступления вредного вещества.

Для расчета поступления химических веществ в организм человека используются три категории переменных:

- 1) воздействующие концентрации;
- 2) величина контакта, частота и продолжительность воздействия, масса тела;
- 3) время осреднения экспозиции.

В качестве количественной меры экспозиции в исследованиях по оценке риска воздействия неканцерогенных веществ рекомендуется использовать потенциальную дозу – количество химического вещества, которое потребляется или вдыхается.

Общая потенциальная доза (total potential dose, TPD) рассчитывается с помощью следующего стандартного уравнения (5):

$$TPD = C \cdot IR \cdot ED, \quad (5)$$

где:

C – концентрация загрязняющего вещества в объекте окружающей среды (воздух, почва и т.д.), контактирующей с телом человека (выражается в единицах мг/м^3 или мг/кг);

IR – величина (скорость) поступления, зависящая от скорости ингаляции (объема легочной вентиляции), объема потребляемой воды и др.;

ED – продолжительность воздействия, лет.

При оценке риска потенциальные дозы, как правило, усредняются с учетом массы тела и времени воздействия. Такая доза носит название *средней суточной потенциальной дозы (average daily dose, ADD_{pot})* и обычно рассчитывается путем деления потенциальной дозы на массу тела (BW) и время осреднения воздействия (AT), формула (6):

$$ADD_{pot} = TPD / (BW \cdot AT) \quad (6)$$

При оценке канцерогенных рисков используют средние суточные дозы, усредненные с учетом ожидаемой средней продолжительности жизни человека (70 лет), невзирая на длительность воздействия.

Среднесуточная доза в течение жизни (life average daily dose, $LADD$) рассчитывается по формуле (7):

$$LADD = [C \cdot CR \cdot ED \cdot EF] / [BW \cdot AT \cdot 365], \quad (7)$$

где:

$LADD$ – средняя суточная доза в течение жизни, $\text{мг}/(\text{кг} \times \text{день})$;

C – концентрация вещества в загрязненной среде, мг/л , мг/м^3 , мг/см^2 , мг/кг ;

CR – скорость поступления воздействующей среды (питьевой воды, воздуха, продуктов питания и т.д.), л/день , $\text{м}^3/\text{день}$, кг/день и др.;

ED – продолжительность воздействия, лет;

EF (exposure frequency) – частота воздействия, дней/год;

BW – масса тела человека, кг ;

AT (averaging time) – период усреднения экспозиции (для канцерогенов $AT = 70$ лет);

365 – число дней в году.

Характеристика риска (risk characterization) - завершающий этап оценки риска, на котором синтезируются данные, полученные на предшествующих этапах исследований.

Ведущими принципами характеристики риска являются:

- интеграция информации, полученной в процессе идентификации опасности, оценки экспозиции и зависимости "доза-ответ";
- представление информации о характеристиках риска в понятной и доказательной форме.

Расчет индивидуального канцерогенного риска осуществляется с использованием данных о величине экспозиции и значениях факторов канцерогенного потенциала (фактор наклона, единичный риск). Как правило, для канцерогенных химических веществ дополнительная вероятность развития рака у индивидуума на всем протяжении жизни оценивается по величине канцерогенного риска (carcinogenic risk, CR), которая рассчитывается с учетом среднесуточной дозы в течение жизни (LADD) (формула 8):

$$CR = LADD \cdot SF, \quad (8)$$

где:

LADD –среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг × день);

SF – фактор наклона, (мг/(кг × день))⁻¹.

При воздействии нескольких канцерогенов *суммарный канцерогенный риск* для данного пути поступления (например, перорального или ингаляционного) (комбинированное воздействие) рассчитывается по формуле (9):

$$CR_T = \sum CR_j, \quad (9)$$

где:

CR_T - общий канцерогенный риск для пути поступления *T*;

CR_j – канцерогенный риск для *j*-го канцерогенного вещества.

При одновременном воздействии нескольких канцерогенных веществ, поступающих в организм человека различными путями

(комплексное воздействие), *расчет общего риска (total carcinogenic risk, TCR)* проводится по формуле (10):

$$TCR = \Sigma CRT \quad (10)$$

Однако, при расчете суммарных канцерогенных рисков необходимо принимать во внимание различия в степени выраженности канцерогенного действия химических веществ при разных путях поступления. В тех случаях, когда значения при различных путях воздействия различаются, расчет рисков на основе суммарных доз правомерен только для одинаковых путей поступления.

Определение величин *популяционных канцерогенных рисков (population carcinogenic risk, PCR)*, отражающих дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть **на протяжении жизни** вследствие воздействия исследуемого фактора, проводится по формуле (11):

$$PCR = CR \cdot POP, \quad (11)$$

CR –индивидуальный канцерогенный риск;

POP –численность исследуемой популяции, чел.

Индивидуальный и популяционный канцерогенные риски характеризуют верхнюю границу возможного канцерогенного риска на протяжении периода, соответствующего средней продолжительности жизни человека (70 лет).

Характеристика риска развития *неканцерогенных эффектов* для отдельных веществ проводится на основе расчета коэффициента опасности (hazard quotient, HQ) по формуле (12):

$$HQ = AD/RfD, \text{ или } HQ = AC/RfC, \quad (12)$$

где:

HQ – коэффициент опасности;

AD (average dose) – средняя доза, мг/кг;

AC (average concentration) – средняя концентрация, мг/м³;

RfD –референтная (безопасная) доза, мг/кг;

RfC –референтная (безопасная) концентрация, мг/м³.

Коэффициент опасности рассчитывается отдельно для условий кратковременных (острых), подострых и длительных воздействий химических веществ.

Характеристика риска развития *неканцерогенных эффектов* при *комбинированном и комплексном воздействии* химических соединений проводится на основе расчета *индекса опасности (hazard index, HI)*.

Индекс опасности для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем (при комбинированном воздействии) рассчитывается по формуле (13):

$$HI = \sum HQ_i, \quad (13)$$

где:

HQ_i – коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси воздействующих веществ.

При комплексном поступлении химического вещества в организм человека из окружающей среды одновременно несколькими путями, а также при многосредовом и многомаршрутном воздействии критерием риска является *суммарный индекс опасности (total hazard index, THI)* рассчитывается по формуле (14):

$$THI = \sum HI_j, \quad (14)$$

где:

HI_j – индексы опасности для отдельных путей поступления или отдельных маршрутов воздействия.

Подводя итог рассмотрению алгоритма анализа риска здоровью, следует указать, что в отношении результатов количественной оценки рисков здоровью чаще всего используется классификация, ориентированная на систему критериев приемлемости риска (Анализ риска..., 2014) (табл. 3). Данная шкала используется, как правило, при оценки канцерогенного риска.

Шкала риска

Уровень риска	Индивидуальный пожизненный риск
Высокий (De Manifests) — не приемлем для производственных условий и населения (необходимо осуществление мероприятий по устранению или снижению риска)	$>10^{-3}$
Средний — допустим для производственных условий (при воздействии на все население необходимы динамический контроль и углубленное изучение источников и возможных последствий неблагоприятных воздействий)	$10^{-4} - 10^{-3}$
Низкий — допустимый риск (уровень, при котором, как правило, устанавливаются гигиенические нормативы для населения)	$10^{-6} - 10^{-4}$
Минимальный (De minimis) — желательная (целевая) величина риска при проведении оздоровительных и природоохранных мероприятий	$< 10^{-6}$

Критерием приемлемости неканцерогенного риска является единица. Если рассчитанные коэффициенты опасности или индексы опасности меньше 1, то считается, что риск отсутствует. Если эти показатели больше 1, то риск есть, и он тем больше, чем больше коэффициенты.

Заключение

Современные города вносят наибольший вклад в загрязнение окружающей среды и изменение климата на нашей планете. По данным ООН, города потребляют 78% мировой энергии и производят более 60% выбросов парниковых газов. Проблему усугубляет сокращение зеленых зон. Еще одна проблема заключается в том, что, согласно прогнозам ООН, к 2050 году в городах будет проживать еще на 2,5 миллиарда человек больше, причем почти 90% из них – в городах Азии и Африки. Рост населения обостряет многочисленные проблемы ухудшения здоровья населения, связанные с качеством окружающей среды, недостатком питьевой воды, пищи и неинфекционными болезнями, основной причиной которых являются употребление табака и алкоголя, нездоровое питание, физическая инертность.

Решение проблем городской среды в настоящее время связано с решением проблемы устойчивого развития территорий, т.е. преобразования крупных городов в рациональные и устойчивые общины, жители которых будут пользоваться такими благами, как снижение стоимости энергии, улучшение качества обслуживания, сокращение объемов отходов, создание комфортной городской среды, формирование возможностей для экономической деятельности. Грамотное городское планирование может содействовать здоровому образу жизни и безопасности путем инвестирования в активные виды транспорта, проектирования мест для физической активности и принятия мер по регулированию продажи табака и алкоголя, а также безопасности пищевых продуктов. Улучшение жилищных условий в городах с точки зрения жилищного строительства, водоснабжения и санитарии имеет большое значение для уменьшения рисков развития неинфекционных заболеваний. Кроме того, на формирование здоровой городской среды влияют природная, архитектурно-ландшафтная, социально-экономическая среды, а также антропогенная деятельность (индустрия, транспорт, энергетика). Поэтому для

экологизации городов необходимо проведение целенаправленной политики по перераспределению ресурсов на проведение приоритетных мероприятий.

Здоровые, устойчиво развивающиеся, экологичные и красивые города – это будущее человечества.

Тестовые задания

Выберите один или несколько правильных ответов.

1. Когда и где появились первые города?

- 1) 5 тыс. лет назад в Европе;
- 2) 4 тыс. лет назад в Китае;
- 3) 3 тыс. лет назад в Месопотамии;
- 4) 2 тыс. лет назад в Египте.

2. Древние города за небольшим исключением отличались:

- 1) скученностью населения, низким уровнем благоустройства;
- 2) высоким уровнем благоустройства;
- 3) средним уровнем благоустройства;
- 4) комфортными условиями для проживания.

3. Почему города древнего мира становились не только социальными, но и экологическими паразитами:

- 1) уменьшалось давление на природу, окружавшую города;
- 2) вследствие высокой интенсификации земледелия и животноводства;
- 3) мозаичные ландшафты в пригородах уступили место монокультурам, происходила эрозия почв;
- 4) вследствие низкой интенсификации растениеводства, животноводства.

4. Какая наука изучает формирование и эволюцию человеческих поселений?

- 1) эстетика;
- 2) эклектика;
- 3) этика;
- 4) экистика.

5. Возникновение и постоянное увеличение площади и численности населения городов – это:

- 1) экологизация;
- 2) индустриализация;
- 3) урбанизация;
- 4) урбоэкологизация.

6. В каких городах наиболее выражено реализуются экологический подход?

- 1) мегалополисах;
- 2) городах-садах;
- 3) экополисах;

4) городах-портах.

7. Городская экосистема отличается от естественной тем, что:

- 1) в городах плотность популяций всех ее обитателей ниже, чем в пригородах;
- 2) в городах лучше развит почвенный покров;
- 3) в городах богаче видовой состав животного мира, чем в пригородах;
- 4) городская природная среда обеднена видами живых организмов, однако плотность некоторых из них выше, чем в пригородах.

8. Какие типы агломераций существуют?

- 1) эконополисы;
- 2) конурбации;
- 3) мегалополисы;
- 4) урбанополисы.

9. Ложной урбанизацией называется:

- 1) процесс переселения из деревень и посёлков в малые города;
- 2) процесс переселения из малых городов в большие;
- 3) процесс переселения из сельской местности в городские трущобы.

10. Что составляет основу функциональных узлов и транспортных коммуникаций города?

- 1) планировочный каркас;
- 2) планировочная структура;
- 3) градообразующие факторы.

11. Среда, непосредственно взаимодействующая с конкретными урбанистическими структурами (городами, системами расселения и т.д.) на данной территории (синоним биосферы в более узких рамках):

- 1) окружающая среда;
- 2) урбанизированная среда;
- 3) природная среда;
- 4) информационная среда;
- 5) техносфера.

12. Экологический норматив, обозначающий предельную концентрацию вещества в воде, почве, атмосфере или продуктах питания, при которой оно не может нанести вред здоровью человека:

- 1) ПДК (предельно допустимая концентрация);
- 2) ПДВ (предельно допустимый выброс);
- 3) ПДД (предельно допустимая доза);
- 4) ПДС (предельно допустимый сброс).

13. Совокупность технических и других антропогенных сооружений и устройств на земле, искусственная материальная оболочка жизнедеятельности человеческого общества:

- 1) техносфера;
- 2) педосфера;
- 3) ноосфера;
- 4) урбаносфера.

14. Состояние экосистемы, при котором сохраняются постоянными биологическое разнообразие (состав биоты) и круговороты элементов питания:

- 1) экологическое прогнозирование;
- 2) экологическая деградация;
- 3) экологическая сукцессия;
- 4) экологическое равновесие;
- 5) техносфера.

15. Территория, засаженная лесом и отделяющая предприятия, загрязняющие атмосферу, от жилой части населенного пункта:

- 1) санитарно-защитная зона;
- 2) промышленная зона;
- 3) жилая зона;
- 4) рекреационная зона.

16. Главными материальными элементами расселения являются ...:

- 1) человеческие поселения, т.е. города, поселки, сельские населенные пункты, соединенные между собой в пределах определенных территорий различными функциональными связями;
- 2) синантропные виды растений и животных;
- 3) строительные комплексы (жилищный, промышленный и др.);
- 4) функциональные зоны города.

17. Новые типы искусственных экосистем, формируемые человеком:

- 1) агроэкосистемы;
- 2) городские экосистемы;
- 3) садово-парковые ансамбли;
- 4) морские огороды бурых водорослей, фермы устриц.

18. Многогранный глобальный социально-экономический процесс, связанный с резко усилившимися в эпоху НТР развитием и концентрацией производительных сил и форм социального общения с распространением городского образа жизни на всю сеть населенных мест:

- 1) агломерация;
- 2) урбанизация;

- 3) мегаполис;
- 4) экуменополис.

19. К какой группе мероприятий по снижению загрязнения воздуха автотранспортом относится организация многоуровневых развязок, под(над)земных пешеходных переходов, выделение скоростных дорог и полос движения общественного транспорта, озеленение вдоль дорог?

- 1) технологические;
- 2) санитарно-технические;
- 3) планировочно-градостроительные;

20. Наиболее распространённой примесью в городской атмосфере является:

- 1) метан;
- 2) угарный газ;
- 3) сернистый газ;

21. Лучевые загрязнения способствуют развитию следующей группы заболеваний:

- 1) сердечно-сосудистых;
- 2) дыхательных;
- 3) онкологических;

22. Крупные промышленные центры отличаются от своих пригородов в климатическом отношении и по погодным условиям тем, что:

- 1) летних осадков выпадает меньше, чем в пригородах;
- 2) температура летом выше, чем в пригородах;
- 3) температура зимой ниже, чем в пригородах;
- 4) в течение года солнечных дней над городом больше, чем в пригородах.

23. Центр крупного промышленного города отличается следующими особенностями:

- 1) увеличивается солнечная радиация и количество туманных дней;
- 2) уменьшается солнечная радиация и увеличивается количество туманных дней;
- 3) солнечная радиация не меняется, но уменьшается количество туманных дней;
- 4) солнечная радиация увеличивается, но уменьшается количество туманных дней.

24. «Острова тепла» образуются ... и характеризуют изменения ...:

- 1) в промышленной зоне / температуры почвы;
- 2) в селитебной зоне / скорости переноса теплых воздушных масс;

3) городах / температуры воздуха.

25. Городской шум становится опасным и более болезненным для людей при следующих параметрах:

- 1) 25 дБ;
- 2) 40-50 дБ;
- 3) 110-120 дБ;
- 4) 150 дБ.

26. Рекреационные системы городской среды – это:

- 1) потенциальные системы возможной застройки пустующей территории;
- 2) то же, что и рудеральные системы;
- 3) системы, связанные с местами приема пищи (рестораны, кафе и т.д.);
- 4) системы территориальной организации отдыха.

27. Растения в городах из-за применения в осенне-зимний период большого количества соли (для защиты жителей от травматизма) страдают:

- 1) от избытка воды, растворяющей соль;
- 2) водного голодания, вызванного гипертоническим раствором солей в почве;
- 3) перегрева почвы (соль как антифриз);
- 4) холода, вызванного переохлаждением почвы.

33. Важнейшей и основной причиной летнего листопада в городах является высокое содержание в воздухе:

- 1) метана;
- 2) угарного газа;
- 3) свинца;
- 4) хлора и фтора.

34. Какой вид загрязнения связан с повышением температуры среды под влиянием антропогенных факторов?

- 1) электромагнитное загрязнение;
- 2) радиоактивное;
- 3) тепловое;
- 4) химическое.

35. Выберите верное мероприятие по шумозащите:

- 1) насаждение зеленых растений;
- 2) применение звукопоглощающих материалов;
- 3) рациональное размещение объектов;

36. Чем обусловлен интенсивный рост городов?

- 1) интенсивным ростом населения мира;

- 2) ростом городского населения;
- 3) желанием человека жить в комфортных условиях;
- 4) упадком сельского хозяйства.

37. Основными факторами образования лос-анджелесского смога являются:

- 1) низкая температура, повышенное содержание сернистого ангидрида и окиси углерода;
- 2) низкая температура и малое количество солнечной радиации;
- 3) двуокись азота, повышенная солнечная радиация;
- 4) пыль.

38. Значительное влияние на микроклимат оказывают:

- 1) ландшафт;
- 2) рельеф;
- 3) влажность;
- 4) температура.

39. Восходящие токи над городом в тихую погоду вызывают:

- 1) приток прохладного воздуха;
- 2) снижение УФ-излучения;
- 3) уменьшение скорости ветра;
- 4) уменьшение инсоляции.

40. Для уменьшения шумового загрязнения применяются:

- 1) зеленые насаждения;
- 2) выносятся за город автострасы (строятся объездные дороги);
- 3) запрещаются полеты самолетов над городом на высоте менее 11 км;
- 4) в конструкции современного автомобиля предусматривается понижение уровня шумового загрязнения.

41. Туманная завеса над промышленными предприятиями и городами, образованная из газообразных отходов, в первую очередь диоксида серы:

- 1) смог;
- 2) смерч;
- 3) туман;
- 4) облачность.

42. Городские агломерации оказывают влияние на окружающую среду в радиусе:

- 1) в 50 раз больше, чем их собственный радиус;
- 2) в 40 раз больше, чем их собственный радиус;
- 3) в 30 раз больше, чем их собственный радиус;
- 4) в 20 раз больше, чем их собственный радиус.

43. Комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биосферы:

- 1) природоохранная деятельность;
- 2) стандартизация;
- 3) экологический мониторинг;
- 4) экологическое нормирование;
- 5) экологическая безопасность.

44. Предпочтительным для проживания с точки зрения экологических требований считают дом, построенный с использованием:

- 1) бетона;
- 2) песчано-гравийных материалов;
- 3) гранита;
- 4) дерева;
- 5) кирпича.

45. В жилом доме концентрация радона выше:

- 1) на втором этаже;
- 2) на первом этаже;
- 3) на десятом этаже;
- 4) концентрация радона не зависит от высоты.

46. Основной первопричиной глобального опустынивания является:

- 1) сокращение площади лесов;
- 2) изменение климата;
- 3) уменьшение количества осадков;
- 4) уменьшение количества воды на Земле;
- 5) урбанизация.

47. Совокупность предприятий, учреждений и организаций, объединенных по территориальным и технологическим признакам:

- 1) экологическая инфраструктура;
- 2) промышленный комплекс;
- 3) природно-ресурсный потенциал;
- 4) производственный комплекс.

48. Заключение общественной экологической экспертизы:

- 1) предусматривает штрафные санкции;
- 2) необязательно к исполнению;
- 3) носит запретный характер;
- 4) носит рекомендательный характер.

49. В Состав ООПТ не входят категории:

- 1) заповедники; национальные, природные и дендрологические парки;

- 2) заказники; памятники природы; ботанические сады;
- 3) садово-огороднические и дачные участки;
- 4) лечебно-оздоровительные местности и курорты; территории традиционного природопользования.

50. К функциям природоохранных объектов не относится:

- 1) резервационная функция;
- 2) регуляционная функция;
- 3) восстановительная функция;
- 4) законодательная функция.

Ответы к тестовым заданиям

1) 3; 2) 1; 3) 2; 4) 4; 5) 3; 6) 3; 7) 4; 8) 2, 3; 9) 3; 10) 2; 11) 3; 12) 1; 13) 1; 14) 4; 15) 1; 16) 1; 17) 1; 18) 1; 19) 3; 20) 2; 21) 3; 22) 2; 23) 2; 24) 1; 25) 3; 26) 4; 27) 2; 28) 3; 29) 3; 30) 3; 31) 2; 32) 3; 33) 2; 34) 1; 35) 1, 2; 36) 1; 37) 1; 38) 3; 39) 4; 40) 2; 41) 1; 42) 4; 43) 4; 44) 3; 45) 4; 46) 2; 47) 1; 48) 4; 49) 3; 50) 4.

Список использованной литературы

ОСНОВНАЯ

1. Биология: учебник. В 2-х кн. Кн. 2/ под ред. В. Н. Ярыгина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 560с.
2. Вернадский В. В. Биосфера. М.: Ноосфера, 2001. 243 с.
3. Вершинин В.Л. Экология города. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. – 89 с.
4. Исхаков Ф.Ф., Кулагин А.А., Зайцев Г.А. Урбоэкология: учебное пособие. – Уфа: Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы. 2015. – 223 с.
5. Калашников И.Н. Основы медицинской экологии и экологии человека: учебное пособие / И.Н. Калашников, Т.Г. Щербатюк. – Н. Новгород: НижГМА, 2018. – 56 с.
6. Калашников И.Н. Основы современной экологии и экологии человека: учебное пособие / И.Н. Калашников, Н.И. Зазнобина. – Н. Новгород: ПИМУ, 2020. – 92 с.
7. Негрбов О.П., Жуков Д.М., Фирсова Н.В. Экологические основы оптимизации и управления городской средой. Экология города. – Воронеж: Воронежский госуниверситет, 2000. – 272 с.
8. Тетиор А.Н. Городская экология. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 338 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития : монография / Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, И.В. Май [и др.]. – М.; Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 738 с.
2. Владимиров В.В. Расселение и экология. – М.: Стройиздат, 1996. – 392 с. Владимиров В.В. Урбоэкология. – М.: МНЭПУ, 1999. – 203 с.
3. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест: СанПиН 2.1.6.1032-01. – М.: , 2001. – 12 с.
4. Вернадский В. И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.
5. Киселев, А. В. Оценка риска здоровью в системе гигиенического мониторинга / А. В. Киселев. СПб.: Мед. Акад. последипломного образования, 2001.- 37 с.
6. Мананков, А. В. Урбоэкология и техносфера : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. В. Мананков. — Москва: Юрайт, 2019. — 494 с.
7. Оценка риска здоровью / А. В. Киселев, К. Б. Фридман, О. Ю. Ломтев и др. – СПб: Дейта, 2009. - 104 с.
8. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р

2.1.10.1920-04. – М: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

9. Тетиор А.Н. Экологическая инфраструктура. М.:МГУП, 2002. – 426 с.

10. Федеральный закон Российской Федерации «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27 декабря 2002.

11. Шварц С. С. Эволюция биосферы и экологическое прогнозирование // Вестн. АН СССР. 1976а. № 2. С. 61–71.

12. Шварц С. С. Экологические основы охраны биосферы // Вестн. АН СССР. 1973. Вып. 9. С. 35–45.

13. Шитиков В.К. Экотоксикология и статистическое моделирование эффекта с использованием R. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2016. – 149 с.

14. Шугаева С.Н., Савилов Е.Д. Риск в эпидемиологии: терминология, основные определения и систематизация понятий // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. - №6 (97). – 2017. – С. 73 – 78.

15. Яницкий О.Н. Экология города. – М.: Наука, 1989. – 240 с.

Учебное издание

Зазнобина И М
Калашников Илья Николаевич

Основы урбоэкологии

Печатается в авторской редакции.
Компьютерная верстка авторская.

Подписано в печать 25.05.2021. Формат 60х84/16.
Усл. печ. л. 5,8. Тираж 300 экз. Заказ 00.

Издательство Приволжского исследовательского медицинского университета
603005, Н. Новгород, пл. Минина, 10/1
Тел.: (831) 465-42-23, 465-47-02
www.kupi-medbook.ru

Полиграфический участок ПИМУ
603104, Н. Новгород, ул. Медицинская, 5