

Е. И. Пупырев

Опыты
конструктивной
экологии



ВВЕДЕНИЕ

Экология - это наука, изучающая отношения организмов между собой и с окружающей средой.

Предметом наших исследований определим человека и ту среду, в которой он живет. Поскольку уже к 2000 г. большинство из нас будет жить в городах, ограничимся в этой книге исследованием системы «человек - окружающая среда города», в том числе факторов, определяющих качество окружающей среды в городах, и формализованных методов управления качеством среды.

Теперь, когда определен объект, сформулируем цель исследований.

Общая цель исследований заключается в определении закономерностей поведения системы «человек - окружающая среда» и разработке таких методов управления качеством окружающей среды, чтобы:

- а) человек жил долго, интересно и оставался здоровым;
- б) человечество жило долго и оставалось здоровым.

Очевидно, что эти цели могут быть противоречивы. Однако, не будем пока заострять внимание на сути и причинах противоречий.

В формулировке встречаются такие понятия, как «долго», «здоров», «окружающая среда», «интересно» и т. п. Обозначим их суть, прибегнув к некоторым показателям.

Итак, примем, что здоровье и продолжительность жизни человека определяют:

- наследственность,
- социально-политическая обстановка,
- бытовые условия и энергетическое обеспечение,
- личная жизнь,
- качество питания,
- качество питьевой воды,
- качество атмосферного воздуха,
- случайность.

Перечисленные показатели невозможно упорядочить по значимости: в разных странах и в разное время те или иные факторы приобретают особое значение.

Так, в России за годы перестройки продолжительность жизни уменьшилась на 8-10 лет. Очевидно, что, прежде всего, это вызвано политическим и уголовным беспорядком, который повлек за собой ухудшение всех остальных показателей. Таким образом, основная проблема в России конца 90-х гг. - это наведение правового порядка. В то же время в странах Западной Европы основная забота сейчас - чистота атмосферного воздуха и уменьшение дурного экологического влияния Востока, а в Африке - борьба с голодом.

Приведенные выше показатели взаимосвязаны. Так, более интенсивная работа электростанций улучшает энергообеспечение и одновременно ухудшает качество атмосферного воздуха. Это еще больше усложняет методы исследования поведения объекта.

Исследования экологических проблем принципиально не отличаются от решения других естественно-научных задач. По отношению к нашей проблеме методология исследования будет выглядеть следующим образом:

- формализация понятий «окружающая среда», «качество окружающей среды» и т. п., формулировка критериев качества окружающей среды;
- изучение влияния основных факторов, указанных выше, на здоровье и продолжительность жизни индивидуума и общества с экологической точки зрения;
- разработка методов наблюдения и комплексной оценки качества окружающей среды (мониторинга);
- выработка концепции управления качеством окружающей среды и возможности прогноза.

Будем стремиться формализовать методы управления качеством окружающей среды. При этом может быть использован разнообразный математический аппарат.

В первую очередь, это будет зависеть от методов формализации понятий и проблем. Экологические задачи допускают многозначность в математических формулировках проблем. Это свойственно всем естественным наукам, особенно для задач анализа поведения живых существ.

Поэтому для задач, оперирующих неформальными понятиями «хорошо», «плохо», «здоровье», «долго», «окружающая среда», целесообразно использовать аппарат математической статистики, теории множеств, теории вероятности. Для описания поведения живых систем можно использовать аппарат теории графов, сетей Петри, теории автоматов,

способный описать системы большей размерности, чем классический аппарат дифференциальных уравнений.

Итак, мы обозначили основные понятия, определили объект исследования, сформулировали цели, описали круг задач и наметили путь и инструменты исследования.

Книга состоит из четырех глав. В первой дается описание города как среды обитания и его обобщенная структура. Во второй главе разрабатываются инженерные подходы, к управлению качеством окружающей среды и описываются некоторые апробированные методы. В третьей изучается влияние городских инженерных систем на качество окружающей среды. Четвертая глава посвящена анализу современных моделей и математических методов анализа и прогнозирования качества окружающей среды. Здесь же предлагаются некоторые программные комплексы, нашедшие практическое применение.

В заключении делается попытка обобщить результаты и дать границы их применимости.

В целом монография в значительной мере основана на инженерном опыте автора и руководимого им акционерного общества «Прима-М», коллективу которого он искренне благодарен за помощь. За годы работы «Прима-М» выполнила ряд уникальных для России проектов, имеющих значение и для мировой инженерной и научной практики.

В работе были использованы также результаты, полученные другими инженерными и научными коллективами, такими как МГП «Мосводоканал» и МосводоканалНИИпроект, ГП «Экотехпром», «Плазма-тест» и др.

Монография является основой курса «Инженерная экология городов и городских агломераций», который автор в течение нескольких лет читал на кафедре инженерной экологии Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК).

Автор благодарит дружный и очаровательный женский коллектив издательства «Прима-Пресс» за самоотверженность и настойчивость при расшифровке рукописи и издании книги.

Город как среда обитания

1.1. История и динамика городов

История человеческого общества начинается с первобытно-общинного строя, с возникновения общин и племен, которые пришли на смену первобытному стаду и явились родоначальниками современных форм человеческого общежития - городов, сел, деревень и т. д. Община стала замечательным прологом к развитию всей человеческой истории. Без общины, без первобытного стада, а значит без коллектива, человек не смог бы взойти на более высокие ступени своего развития и был бы обречен на исчезновение как биологический вид.

С развитием общинных отношений человек прочно завоевывает свои позиции как существо социальное. Уже на ранних стадиях этой формации возникает распределение труда среди соплеменников. Постепенно, по мере развития производства, земледелия, скотоводства появляется специализация уже целых общин и племен, их оседлое бытие. На смену родовой общине приходит сельская, основанная на территориальной близости. Возникают первые поселения - древние городища. Около 6 тыс. лет тому назад, в эпоху раннего неолита сложился прототип современного города с жилыми и гражданскими кварталами вокруг крепости (кремля), на территории которого находились органы управления и культовые здания [1].

Первые города возникли в Южном Двуречье (Месопотамии), Египте, Сирии, Средней Азии, Индии, Китае и, как правило, были лишь административными и религиозными центрами сельских общин. Население таких городов обычно не превышало 40-50 тыс. человек. Исполнительную власть в городе осуществлял царь, а законодательную, наряду с религиозной, - верховный жрец.

Для античного мира типичными были города-государства, т. н. полисы. Городской бюджет пополнялся налогами с общин, рядовых горожан, а также военной добычей, трудами рабов. Жилища в городах были невероятно скучены, люди ютились в крошечных домах из необожженного кирпича, знать жила практически среди народа, иногда пополняя свои доходы грабежами соседей.

К сожалению, исторические материалы содержат в основном описания войн, переворотов, любовных историй, но практически ничего не говорят о системе водоснабжения и канализации, общественных туалетах, об уборке мусора и нечистот, хотя это и не менее важно, чем поли-

тические авантюры и дворцовые интриги. Лишь по косвенным данным можно судить об успехах, которых достигли древние народы на поприще градостроительства и инженерного благоустройства.

Общественные работы, такие как строительство дорог, ирригационных сооружений, и, возможно, уборка города от нечистот, выполнялись рабами царя. К XV в. до н. э. на о. Крит, в Кносском дворце уже действовала канализационная сеть из глиняных труб большого и малого диаметра, обслуживающая бассейны, ванны и уборные.

В XIV в. до н. э. недалеко от Крита, в городе-государстве Микены были водопроводы, подземные водохранилища на случай осады врагами. Дороги строились по единому плану, кладбища огораживались каменными стенами.

В III-II тысячелетиях до н. э. в Мохенджо-Даро (Индия) была построена общегородская канализационная сеть. Раскопки холмов, на которых были обнаружены развалины этого города, свидетельствуют о высоком уровне его развития. Мохенджо-Даро занимал площадь в 2,5 км². Дома зажиточных горожан, в большинстве своем 2-х и 3-этажные, строились из обожженного кирпича и были относительно благоустроены. Имелась общегородская канализация (водостоки, коллекторы) - наиболее совершенная из всех подобных систем древности. Отлично было налажено водоснабжение - колодцы, за пользование которыми платились налоги. Беднейшее население жило в плетеных обмазанных глиной хижинах за чертой города.

Технические достижения древних во многом позаимствовала Римская империя. Уже в I в. до н. э. в Риме, богатейшем тогда колониальном городе, центре торговых и финансовых операций, был построен водопровод, проведена частично канализация, замощены дороги. Правда, большая часть населения жила в небольших каморках многоэтажных домов без коммунальных! удобств. Общественные бани - термы - являлись привилегией состоятельных горожан.

В 14 г. н. э. императором Августом была проведена третья перепись римского населения, численность которого достигла к тому времени четырех миллионов девятьсот тридцати семи тысяч человек.

После падения Римской империи в 410 г. н. э. на ее развалинах образовалось множество варварских государств, которые были не в состоянии достичь такого уровня строительства городов и их обустройства, какой был у древних римлян. Следующие несколько столетий стали для Европы эпохой упадка.

К XI-XII вв. начинается постепенное возрождение европейских городов. Наиболее крупными и благоустроенными на тот момент были Константинополь, Киев, Новгород.

В Индии с населением 100 млн. человек в это же время процветали десятки городов, что нельзя сказать о Китае, который переживал упадок в результате Маньчжурского нашествия.

По мере развития капиталистических отношений продолжался рост городов, охвативший практически всю Европу. Так, в XVII в. в Стамбуле проживало более 600 тыс. человек, в Лондоне - около 200 тыс. человек, в Стокгольме - 40 тыс., в Праге, Флоренции - около 100 тыс.

В Москве - столице России, крупнейшего уже тогда государства Европы, численность населения достигла 200 тыс. человек. Центральные улицы городов мостились где камнем, где деревом. Города имели в основном поверхностную канализацию, нечистоты сливались в реки, общегородского водопровода не существовало - строились колодцы и местные трубопроводы, в том числе и напорные на конной тяге. Бытовые отходы, состоявшие в основном из нечистот, сбрасывались в навозные ямы (выбрасывание отходов на улицу наказывалось штрафами). Улицы, за исключением центральных, практически не освещались. Городское озеленение носило стихийный характер и представляло собой частную собственность (сады, парки, скверы и т. д.).

На протяжении многих веков, вплоть до XVII-XVIII вв., в городах царила антисанитария. Воздух был отравлен гниющими отбросами и продуктами горения тысяч печей и работы промышленных производств. Все это способствовало возникновению эпидемий, уносивших миллионы жизней. Так, в Москве и окрестных городах в результате чумы 1654 г. умерло 400 800 человек. Непрерывные войны, плохой воздух и вода, отсутствие элементарной гигиены сокращало среднюю продолжительность жизни горожан до 35-40 лет. В таком состоянии вступили города мира в современную эпоху.

1.2. Третий Рим

Третьим Римом, преемницей Римской и Византийской империй, называют русские свою столицу, которая к XV в. приобрела статус важнейшего политического, культурного и экономического центра.

На протяжении последующих веков Москва продолжает развиваться: меняется ее облик, все больше и больше появляется промышленных предприятий, процветает торгово-коммерческая сфера. Исторические материалы свидетельствуют, что в начале XVIII столетия Москва состояла из Кремля, Китай-города, Белого и Земляного городов. Несколько позже, в 30-х гг. она была поделена на 20 частей и 88 кварталов, имела 131 улицу и 471 переулок, 9 соборов, 24 монастыря, 325 церквей, более 11 тыс. лавок и магазинов, 233 завода, 147 фабрик, 8426 домов. Численность населения превышала 200 тыс. человек.

С началом промышленной революции Москва активно благоустраивается. К 1736 г. были замощены камнем Тверская, Никитская, Пречистенская, Дмитровская, Петровская - практически все главные улицы в пределах Садового кольца.

В 1739 г. архитектором Мичуриным был создан первый точный (обмерный) план столицы. На нем впервые были показаны «красные линии» регулирования застройки.

7 июля 1775 г. был утвержден второй план Москвы, по которому стены Белого города вскоре разобрали. Была составлена широкая программа благоустройства города с очисткой рек, прокладкой новых дорог. В частности, по левому берегу реки Москвы, от устья Неглинной до Яузского моста, намечалось строительство мощеной проезжей дороги. В конце XVIII в. в Москве насчитывалось 34 298 кв. саженей (более 250 тыс. кв. м) казенных каменных мостовых.

Накануне наполеоновского нашествия Москва занимала площадь в 16 120 800 кв. саженей (7314 га), имела 9151 дом. Население Москвы достигло 275 тыс. человек.

Структура управления Москвой была типичной для России XIX в. Высшую власть осуществлял назначаемый царем генерал-губернатор или главнокомандующий. Его помощником по управлению Московской губернией выступал губернатор, а самой столицей - обер-полицмейстер. Высшим органом в Москве, отвечавшим за благоустройство города, была назначена Управа благочиния. Все, что касалось строительства и реставрации мостов, улиц, дорог, уборки отходов, освещения и т. п., находилось в ведении Управы.

В столице существовали и выборные органы для общественного самоуправления - Общая дума и так называемая Шестигласная дума (обе абсолютно бесправные).

Конкретные городские задачи решались городскими комитетами и Приказами, которые, в свою очередь, одновременно выполняли функцию кредитных учреждений.

Годовой бюджет Москвы в конце 30-х гг. составил около 1,7-2 млн. руб. серебром, 58% которого образовывал поземельный сбор, 23% - сборы с торговли и 10,5% - сборы с промышленных предприятий и артелей. Больше всего городских средств поглощали расходы на полицию и казармы - 78%. На городское благоустройство расходовалось не более 10% бюджетных средств, на культурные и благотворительные цели в Приказ общественного призрения передавалось лишь 4,5%.

В Москву стекались товары из Европы и Азии, работали многочисленные мануфактуры. В 1840 г. в Москве насчитывалось 278 магазинов и 4993 лавки. Внутренний торговый оборот составлял 60 985 410 руб. серебром, из них 6 млн. руб. приходилось на доходы от торговли вином. Если пересчитать эти деньги в сегодняшних через среднюю зарплату рабочего (6-7 руб. тогда и 500 тыс. сейчас), то получается, что в городе с населением в 280 тыс. человек товарооборот достигал 5 трлн. руб. в ценах 1997 г.

Продолжались работы по благоустройству Москвы. В 1804 г. был введен в эксплуатацию Мытищинский водопровод. В городе функционировало 4813 колодцев, имелось несколько десятков торговых бань и более тысячи домовых. В 1898 г. была построена городская канализация, которая обслуживала 218 владений.

Как уже было сказано выше, город в течение многих веков страдал от недостатка освещения. Лишь после указа от 27 ноября 1730 г. эта проблема была разрешена, на улицах Москвы зажглись слюдяные фонари, которые долгое время оставались единственным источником света. В 1862 г. им на смену пришло керосиновое освещение, а вскоре - частично газовое. Уже в 1866 г. в Москве насчитывалось 3083 газовых фонаря. Через двадцать с лишним лет, в 1883 г., совершилась настоящая революция светильников - в городе впервые зажглись электрические лампы.

До XVIII в. в Москве главным источником топлива служили дрова, в дальнейшем стал применяться торф и каменный («земляной») уголь. В 1876 г. была составлена геологическая карта Подмосковского бассейна. В 1864 г. в России началась разведка нефти, и уже в конце прошлого столетия для отопления котлов использовалась нефть.

В начале XX в. население Москвы составляло 2 млн. человек (в это же время в Лондоне проживало 4 млн. человек). Наряду с традиционным текстильным производством быстро развивалось машиностроение. По уровню благоустройства город сильно отставал от европейских столиц. Электричество пришло только в центр города, газифицировано было 3% квартир, водопроводом пользовалось 4 человека из 10, более половины строений было лишено элементарных удобств. Жилой фонд составлял около 12 млн. кв. м (6 кв. м на 1 человека).

В 1913 г. в Москве насчитывалось 8,2 млн. кв. м площади, мощеной булыжником, и 166 тыс. кв. м дорог с усовершенствованным покрытием. Протяженность городских железнодорожных путей достигала 240 км. В 1904 г. началась эксплуатация Рублевской станции водоподготовки, к 1905 г. количество присоединенных к канализации домовладений составило 5669. В 1911 г. в таких домах проживало 611 тыс. жителей. Длина канализационной сети составила 447 км.

В 1917 г. в Россию пришла новая власть. В 1929 г. был разработан план «Новой Москвы». Предусматривалось резкое увеличение этажности в центре города в пределах Садового кольца. Предполагалось развернуть строительство промышленных предприятий на Юго-Востоке Москвы, создать защитную лесопарковую зону вокруг столицы и «зеленые клинья» для вентиляции воздуха в городе. Авторский коллектив во главе с А. В. Щусевым разработал план строительства городов-спутников [4].

В 30-е гг. шло быстрое увеличение численности населения города. В 1934 г. в Москве проживало более 3,5 млн. чел. Скорее всего, это объяснялось обнищанием коренных жителей страны и вынужденной миграцией в столицу. В связи с этим остро встал жилищный вопрос. Несмотря на то, что в 1931-34 гг. было сдано 2 200 000 кв. м жилья, на 1 человека приходилось в 1,5 раза меньше жилой площади, чем до революции. Она составляла всего 4,4 кв. м на человека.

Возникшие проблемы потребовали ускорить работы по жилищному строительству и благоустройству города.

Продолжалось мощение улиц булыжником, шире применялся асфальт. В 1926 г. были построены Пресненская мусоросжигательная станция, Семеновская, Спасская станции для слива нечистот. В 1937 г. закончилось строительство канала им. Москвы вместе со Сталинской (ныне Восточной) водопроводной станцией.

В 1935 г. был утвержден первый генеральный план реконструкции Москвы. Он был рассчитан на 5 млн. жителей и развивал исторически сложившуюся архитектуру города. Планом предусматривались значительные работы по благоустройству центра, расширению улиц, сно-

су складов, лавок в центре города, улучшению экологической обстановки, хотя слово «экология» тогда еще не было в обиходе. Началось строительство 10 мостов через Москву-реку и Яузу. К концу 1940 г. длина метрополитена составила 23,3 км.

Война прервала мирную жизнь.

Из послевоенных событий самым значительным было строительство газопровода «Саратов-Москва». На улицах столицы в 1950 г. было установлено 50 тыс. светильников. В 1958 г. строилось более 2400 тыс. кв. м жилья. Улучшилось санитарное состояние воздушного бассейна, чему способствовал переход на централизованное теплоснабжение, строительство новых магистралей, в том числе, кольцевой автомобильной дороги, завершенное в 1962 г.

Генеральный план развития Москвы, разработанный в 1966 г. и одобренный Советом Министров СССР 3 июня 1971 г., был рассчитан на период до 1985 г. с прогнозом на 2005 г. Его основными чертами являлись:

- согласованное развитие Москвы и пригородов - поддержка промышленных центров на расстоянии 100 км от Москвы с населением 150 и более тыс. человек;
- создание инфраструктуры, взаимосвязанной с Москвой, в пригороде с радиусом 60-70 км от центра Москвы. Сохранение лесопаркового защитного пояса;
- разделение города на 8 планировочных зон с собственными крупными общественными центрами, объединяемых системой парков и бульваров. Каждая зона делилась на 3-4 планировочных района с населением 250-500 тыс. человек;
- ограничение строительства крупных жилых и административных зданий внутри Садового кольца;
- снос ветхих зданий в центре и разбивка на их месте парков и скверов;
- строительство четырех т. н. хордовых скоростных магистралей в дополнение к радиально-кольцевой застройке, трассируемых по прямоугольной сетке и обеспечивающих пропуск основных транспортных потоков. Создание системы подземных магистралей и в первую очередь в центре города;
- целесообразное размещение промышленных предприятий и жилых зданий для транспортной разгрузки города. Увеличение жилого фонда до 145 млн. кв. м общей площади. Освоение территорий Лианозово, Отрадное, Ясенево, Чертаново, Орехово-Борисово;

- развитие системы озеленения города. Строительство нового зоопарка на Юго-Западе, «парка чудес» в Мневниках, водно-спортивного комплекса в Строгино;

- создание зоны отдыха в междуречье Волги - Оки в 130-150 км от Москвы;

- увеличение нормы потребления воды до 1000 л/чел, в сутки, создание системы промышленного водоснабжения, строительство мусоро-перерабатывающих заводов, комплексное развитие систем инженерного благоустройства.

Ни один план в мире не выполняется стопроцентно. Если бы Генплан Москвы 1966 г. был выполнен полностью, то, безусловно, Москва стала бы действительно образцовым городом - прекрасным примером для всего человечества. В частности, была бы во многом разрешена проблема загрязнения атмосферы транспортом, которая сейчас с особой остротой стоит на повестке дня. Дело в том, что 90,4% всех выбросов в атмосферу (общий объем выбросов оценивается в 1800 тыс. т в год) приходится именно на автотранспорт. Если бы в соответствии с Генпланом были бы построены хордовые магистрали, то объем выбросов в атмосферу Москвы сократился бы на 30%.

Однако, даже то, что было сделано до 1985 г., кардинально улучшило жизнь москвичей.

Выполнению Генплана помешала не только нехватка денег, но и стремительно изменившаяся общественно-политическая ситуация в стране.

Сегодняшние показатели благоустройства города достаточно благополучны, о чем свидетельствуют следующие цифры. В 1997 г. в Москве было зарегистрировано 8,67 млн. жителей. Площадь города со всеми присоединившимися за последнее время районами составляет 994 кв. км (994 тыс. га). На одного жителя Москвы в среднем приходится 10,9 кв. м жилой площади. Практически 100% жилищного фонда оборудованы водопроводом, канализацией, центральным отоплением, горячим водоснабжением, ванными [5].

Но, несмотря на высокий уровень благоустройства, здоровье москвичей продолжает ухудшаться [6].

Резко возросла смертность: за период 1992-1994 гг. ее показатель увеличился в 1,4 раза, т. е. с 11,9 до 16,9 человек на 1000 населения.

Специалисты выделяют три основных причины смертности москвичей: сердечно-сосудистые заболевания (в 1995 г. от них умерло 56,1%),

новообразования (15,4%), травмы и несчастные случаи (13,6%). Среди умерших от неестественных причин 74% составляют лица трудоспособного возраста, причем 84% из них - мужчины до 60 лет.

Показатели младенческой и материнской смертности по-прежнему высоки, что, в свою очередь, отражает общую картину здоровья и благополучия населения. Жизнь младенцев в большинстве случаев уносят врожденные аномалии, которые все чаще встречаются в медицинской практике. У детей и подростков преобладают болезни нервной системы, органов дыхания, органов чувств, органов пищеварения; среди взрослых отмечен высокий процент заболеваний системы кровообращения.

За последние годы существенно участились заболевания эндокринной системы. Так, в 1995 г. у детей их выявлено в 2 раза больше, чем в 1991 г. Такая ситуация характерна и для заболеваний крови. Вдвое больше зарегистрировано в 1995 г. обращений с таким диагнозом у детей по сравнению с 1991 г. За последние пять лет болезни органов пищеварения приобретают все большую распространенность. В 1995 г. заболеваемость детей и подростков оказалась выше уровня 1991 г. на 40%, у взрослых - на 15%. При этом среди детей частота образования язвы желудка и 12-перстной кишки возросла в 1,6 раза, у подростков - в 2 раза. Онкологическая заболеваемость регистрируется на стабильно высоком уровне.

1.3. Экологические проблемы современных городов

Приведенные в предыдущих параграфах факты позволяют сделать следующие выводы:

- города - это естественная форма жизни людей. В них достигается более высокий уровень энергообеспеченности и общения между людьми, что в конечном счете определяет уровень цивилизованности общества;

- продолжительность жизни в городах больше, чем в селах. Парадоксально, но в скученности общежития городов человек имеет больше личной свободы, чем в селе или на природе. Поэтому доля городского населения в мире будет расти;

- на протяжении всей истории человечества уровень социального расслоения в городах был выше, чем в селах. Социальные контрасты и экологические проблемы были и будут намного острее;

- по мере роста общего благосостояния общества города будут расползаться, занимая все большие территории. И это не есть экологическая катастрофа, как уверяют некоторые специалисты, а естествен-

ный процесс эволюции. В частности, более высокая температура в городах - это не тепловое загрязнение окружающей среды, а одно из благоприятных для человека свойств городской жизни (так же, как для муравьев более высокая температура в муравейнике);

- города стремятся к улучшению своего благоустройства, а также нормализации экологической обстановки, несмотря на постоянный рост производства и торговли.

История показывает, что качество окружающей среды в городах тем лучше, чем выше уровень экономики и социальной организации общества. Для того, чтобы сохранить природу в городах при высоком уровне жизни, нужно иметь высоко развитую промышленность.

Экологические проблемы городов обусловлены их стихийным ростом и эгоизмом людей. Определяющим фактором в улучшении экологической обстановки в городах является не объем финансирования или комплекс технических мероприятий, а гуманный и справедливый механизм социального управления.

Представим город как совокупность следующих организационно-технических комплексов: социального, инженерного, строительного, торгового, промышленного, транспортного.

Социальный комплекс объединяет все остальные в единую городскую систему, управляемую городской администрацией.

Инженерный комплекс состоит из систем водоснабжения и канализации, эксплуатации жилья, вывоза и переработки отходов, ремонта и эксплуатации дорог, систем муниципального энерго- и теплоснабжения, системы эксплуатации и развития зеленых насаждений.

Строительный комплекс включает в себя организации по промышленно-гражданскому строительству городского подчинения, строительству дорог.

Торговый комплекс состоит из торговых предприятий и систем снабжения (транспорт, торговые базы).

Промышленный комплекс вбирает в себя все производства и систему координации промышленных предприятий на территории города.

Транспортный объединяет транспортные предприятия муниципального подчинения, содержит систему координации всех транспортных предприятий на территории города и систему управления движением в городе.

Социальный комплекс состоит из системы управления и финансирования города, системы сохранения правопорядка и социального обеспечения пожилых людей и неимущих.

Каждый комплекс может быть в свою очередь представлен как совокупность отдельных подсистем и т. д., вплоть до отдельных предприятий.

В своем развитии комплексы зачастую оказывают противоречивое воздействие на человека. Так, развитие транспорта, с одной стороны, улучшает бытовые условия горожанина, а с другой, отравляя атмосферный воздух, ухудшает их. Практически для всех комплексов положительное воздействие на жизнь человека оказывается непосредственно, а отрицательное - через ухудшение качества окружающей среды.

Для разных городов, находящихся на различных ступенях развития, эти комплексы каждый по-своему оказывают воздействие на окружающую среду.

Так, 15-20 лет тому назад окружающую среду в Москве в основном «портили» промышленность и энергетика. В настоящее время Москва срослась с ближайшими пригородами и превратилась в крупный мегаполис. Для него характерно преимущественное развитие высоких технологий в промышленности, быстрое развитие транспортного, торгового, инженерного комплексов. Качество окружающей среды в Москве в настоящее время определяет не промышленность и энергетика, а транспорт и городское инженерное хозяйство. Промышленность Москвы меняет свой профиль, переходит на экологически чистые технологии, предпочитает сборочные производства. Москва стала банковской и интеллектуальной столицей. Вместе с тем, как показывают данные Москомприроды, продолжается рост антропогенного загрязнения воздушной, водной сред и территории.

В целом, основными факторами, влияющими на экологическую обстановку в городах, являются:

- промышленные выбросы в атмосферный воздух и поверхностные воды;
- выбросы от автотранспорта;
- загрязнение территории всеми видами твердых отходов;
- шумовое, электромагнитное загрязнение;
- нарушение энергетического, водного, тектонического баланса с окружающей средой.

По-видимому, уже в ближайшем будущем можно будет говорить о таких негативных факторах, влияющих на человека в городах, как информационное и цветовое воздействия.

История человечества есть периодическая смена тоталитарных и демократических режимов управления. Анализ современных городов мира

показывает, что в городах, где правит «сильная и добрая рука», независимо от политической системы, экологическая обстановка хорошая. Как уже указывалось, основой экологического благополучия является комплексное развитие города. Для небольших городов можно составить генеральный план или комплексную экологическую программу. Для мегаполисов разработка детальных планов нецелесообразна. В современных условиях Москвы, например, разработка детального генерального плана или детальной комплексной экологической программы - задача слишком трудоемкая, которая будет неизбежно содержать много ошибок и в целом окажется не эффективной. Она не сможет учесть быструю динамику переходного периода, который продлится еще не менее 10 лет.

Наиболее разумным решением явилась бы разработка концепции устойчивого развития города, включающая в себя составление и прогноз демографического баланса на 10-15 лет, баланса ресурсов Москвы, энергетического баланса, определение на их основе географических приоритетов развития Москвы, направлений социальной и экономической политики. В этом случае улучшение экологической обстановки в городе будет следствием общего сбалансированного управления.

Должны быть вновь обсуждены и даны ответы по проблемам:

- Отходы - сжигание или захоронение?
- Транспорт- соотношение между личным и общественным.
- Вода - соотношение между различными схемами водоснабжения и канализации.
- Финансы - соотношение между самоокупаемостью дотациями.
- Правопорядок- уровень социальной регуляции поведения гражданина.

В следующих главах будут детализированы технические и информационные аспекты управления качеством окружающей среды.

Управление качеством окружающей среды в городах

В первой главе было дано описание города как среды обитания человека.

Город был представлен как совокупность организационно-технических комплексов: социального, инженерного, строительного, торгового, промышленного, транспортного. Деятельность людей в этих комплексах, направленная на создание и поддержание благоприятных условий материальной и духовной жизни, изменяет первозданную природную и формирует уже городскую среду обитания. Однако, человечество меньше всего заинтересовано в сохранении дикой природы и прежде всего занято формированием такой окружающей среды, которая отвечала бы его представлениям о высокоцивилизованном обществе. Бурное развитие экономики, культуры, науки, социальной сферы говорит о больших результатах, достигнутых на этом поприще. Государства гордятся своими успехами и стремятся к все большему прогрессу, который, увы, невозможен пока без дальнейшей интенсивной эксплуатации природных ресурсов. Агрессия, исходящая от человека к природе, достигла невиданных масштабов.

Человек с его непомерными аппетитами поставил перед угрозой уничтожения не только окружающую его среду, но и самого себя. Это очевидно. Об этом свидетельствует крайне неблагоприятная экологическая ситуация в крупных городах-мегаполисах, состояние природных сред - воздуха, воды, почвы. Сегодня мы еще верим в то, что глобальной катастрофы на Земле не произойдет. Что восторжествует справедливость и здравый смысл. Человечество пытается пересмотреть свои взаимоотношения с природой, найти альтернативное решение, при котором развитие общества и экономики находилось бы в гармонии с природой. На уровне правительств принимаются различные программы, выделяются огромные средства на улучшение экологической ситуации. Однако, все меры, которые есть и будут предприняты государствами, только тогда станут действенными и эффективными, когда будет грамотно решена проблема управления качеством окружающей среды, когда все сферы деятельности человека будут сориентированы на поддержание экологического баланса.

Во второй главе рассматриваются подходы к решению проблемы управления качеством природной среды городов.

2.1. Идеи управления качеством окружающей среды

Для сохранения окружающей среды в промышленно развитых странах преимущественно используются механизмы государственного регулирования. К этому же вернулись и в России, в управленческой практике которой сейчас широко используется т. н. комплексные программы. Для их составления анализируется общая ситуация в экологии города, определяются важнейшие проблемы, для каждой составляется программа решения и все вместе они образуют комплексную экологическую программу города. Так, под руководством Москомприроды в 1994 г. была разработана экологическая программа, содержащая следующие разделы:

- мероприятия в области градостроительства;
- мероприятия по охране воздушного бассейна города;
- мероприятия по охране водного бассейна и очистке сточных вод;
- мероприятия по утилизации промышленных и бытовых отходов;
- зеленые насаждения;
- мониторинг.

При решении отдельных экологических проблем нужно учитывать, что город - это единый механизм. В соответствии с первым законом Форрестера, в любой сложной системе воздействие на один ее элемент или признак, каким бы обдуманым оно не было, как правило, ухудшает параметры системы как единого целого.

Сложный комплексный характер взаимодействия человека, общества и природы учитывает концепция устойчивого развития (sustainable development). Она была сформирована комитетом Брутланда в конце 80-х гг.

Авторы концепции видели ее суть в экологически приемлемом развитии, при котором все изменения, происходящие в экономике и социальной сфере, не исключают возможность дальнейшего развития человеческого общества и окружающей его среды. Этой цели можно достичь при выполнении комплекса мероприятий, в числе которых: разумное самоограничение потребностей, расширение вторичного использования ресурсов и продуктов, повышение коэффициента полезного действия машин и механизмов, переход на возобновляемые источники энергии (солнечной, ветровой, биомассы) и более экономичные технологии.

Разные страны по-разному интерпретируют концепцию устойчивого развития. В 1993 г. в США был создан Президентский Совет по устойчивому развитию, который сформулировал 10 национальных задач:

1. Здоровая окружающая среда: каждому жителю - доступные природные блага (чистый воздух, вода).

Основные пути решения задачи:

- снижение содержания в окружающей среде токсичных веществ;
- улучшение качества питьевой воды, потребляемой населением США, в соответствии с принятыми нормами;
- улучшение состояния атмосферного воздуха;

2. Экономическое благосостояние: дальнейшее развитие экономики США, направленное на оздоровление всего общества.

Основные пути решения задачи:

- рост ВВП на душу населения;
- борьба с бедностью;
- увеличение подушевой нормы накоплений;
- разработка федеральным правительством новых природоохран-ных мер, учитывающих истощение ресурсов и экологические издержки.
- рост почасовой производительности труда.

3. Социальная справедливость: правовая защищенность каждого американца и возможность достижения материального, экологического и социального благосостояния.

4. Сохранение природы: охрана и восстановление биологического разнообразия экосистем для нынешнего и будущих поколений.

5. Рачительное отношение к природе: создание этических основ природопользования, которые способствовали бы более ответственному отношению к природе как отдельных лиц, так и различных организаций и предприятий.

6. Устойчивые локальные общины: формирование местных общин для вовлечения людей в активную деятельность в сфере экономики, образования, самоуправления.

7. Гражданская активность: расширение возможностей граждан, представителей делового мира и местных общин в обсуждении и принятии решений по защите природных ресурсов.

8. Демографическая ситуация: стабилизация численности населения США.

9. Международная ответственность: разработка внутренней и внешней политики в области устойчивого развития.

Основные пути решения задачи:

- участие в международных соглашениях;
- международная помощь;
- экологическая помощь - вклад США в Глобальный фонд окружающей среды.

10. Образование - доступное всем американцам в течение всей жизни.

В России концепция устойчивого развития утверждена указом президента.

В 1994 г. на базе концепции Европейская экономическая комиссия и программа ООН по окружающей среде разработали принципы комплексного управления природоохранной деятельностью в странах с экономикой переходного периода (документ № DR-94-2-E.31).

Руководящие принципы предполагают выполнение следующего комплекса мероприятий:

1. Создание стройной системы природоохранных органов с четким разделением полномочий. На национальном уровне координацию природоохранной деятельности осуществляет соответствующее министерство. На региональном и областном уровне управление качеством окружающей среды осуществляет либо специальное ведомственное подразделение, либо региональный орган, подчиненный министерству охраны окружающей среды. В любом случае выполнение хозяйственных и контрольных функций, в частности оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), должно быть разделено между разными организациями. Следует придавать максимально широкие полномочия экологическим инспекциям.

Важным элементом в структуре природоохранных учреждений всех уровней являются центры экологических данных. В их основные задачи входит сбор, обработка информации, предоставление ее директивным органам и общественности. Центр также разрабатывает методы и способы комплексного мониторинга, способствует их калибровке и сертификации.

2. Разработка природоохранного законодательства и механизма его выполнения. Этот комплекс мероприятий предполагает прежде всего приведение в соответствие различных норм и положений об охране окружающей среды, включение их в промышленное, коммерческое, налоговое законодательство, законы о приватизации, иностранных инвестициях, банковском деле и т. п.

Здесь же предполагается разработка взаимосогласованных и строгих национальных экологических нормативов, законодательное включение

ОВОС в проектирование и согласование новых объектов, закрепление за общественностью права доступа к экологической информации.

Механизм выполнения законодательства предполагает использование системы временных разрешений на деятельность предприятий, требования в области мониторинга и отчетности, создание соответствующей судебной системы с использованием финансовой и уголовной ответственности, прекращение деятельности вредных производств и т. п.

3. Планирование экологической политики. Необходимо применять системный подход, поиск компромиссов для решения сложных, противоречивых проблем при сохранении последнего слова за директивными организациями. Здесь также требуется использовать комплексный подход, избегать повышения стандартов качества одной среды (вода, воздух, почва) за счет другой.

Природоохранная политика предполагает постановку конкретных целей, формулировку задач с использованием количественных показателей, индивидуальный подбор нормативных, плановых, экономических, добровольных инструментов для решения приоритетных задач.

4. Привлечение общественности к решению экологических проблем. Следует, прежде всего, предоставлять общественности точную и надежную информацию о качестве окружающей среды и экологической политике администрации с оценкой ее эффективности. Также следует обеспечить участие общественности в процедуре выдачи разрешений, частью процедуры ОВОС должно стать обнародование информации об экологических аспектах проектов. Следует также предоставлять населению экологическую информацию о потребительских товарах, поддерживать различные общественные кампании против экологической опасности отдельных предприятий.

5. Проведение реформ в промышленности и сельском хозяйстве с учетом экологических требований.

При проведении приватизации предприятий желательно включать в комиссии специалистов-экологов и определять цену с учетом уже нанесенного экологического ущерба и будущих инвестиций в восстановление окружающей среды. При проведении реформ в сельском хозяйстве в контракты о приватизации хозяйств должны быть внесены специальные положения о защите природной среды. Иногда даже целесообразно выплачивать новым владельцам компенсацию за восстановление природных мест обитания. Особенно осторожно следует подходить к приватизации охраняемых территорий водоемов. Подземные воды следует объявить государственной собственностью. Для пользователей ресурсами следует создать четкую систему штрафов.

Экологической целью реформ должно стать создание экономики замкнутого типа, основанной на пяти направлениях деятельности: сокращении, замещении, рекуперации, рециркуляции и повторном использовании. Нужно поддержать усилия производителей по экологической маркировке продуктов, защите экологически безвредных производств.

6. Создание финансового механизма осуществления экологической политики. Инструментами при этом традиционно являются ценообразование, система налоговых льгот и штрафов. При этом, однако, экономические инструменты не следует рассматривать как замену прямого регулирования и административного вмешательства. Они должны быть увязаны с четко установленными нормами выбросов и стандартами качества окружающей среды. Общими принципами при этом являются «платит загрязнитель» и «платит пользователь». Особенно важно создание мер по предотвращению мошенничества в системе природоохранных штрафов и налоговых льгот. Осуществление таких мер может быть весьма дорогим. Поэтому следует тщательно взвесить преимущества и издержки внедрения любых экономических инструментов. В частности, сокращению загрязнения воздуха может способствовать постепенное повышение цен на энергоносители до уровня мировых, введение налогов на этилированный бензин. Использование сделок на куплю-продажу выбросов должно сочетаться с системой строгого контроля. Минимизации отходов способствуют пошлины за удаление отходов, налоги на опасные отходы, товарные пошлины с электробатарей, автопокрышек, пластиковых бутылок, другого упаковочного материала, введение залоговой стоимости за тару.

Нужно разработать как экологические, так и финансовые критерии отбора природоохранных проектов для финансирования. Безвозмездные субсидии представлять государственным и некоммерческим учреждениям. В других случаях лучше использовать льготные или коммерческие кредиты. Целевые экологические фонды следует рассматривать как временное явление. В долгосрочной перспективе, когда принцип «загрязнитель платит» полностью вступит в силу, поступления от «экологических» налогов должны полностью идти в центральный или местный бюджет. Экологические фонды должны при этом использоваться для возмещения ранее нанесенного ущерба или для возмещения ущерба от неустановленного загрязнителя.

Нужно отметить, что в Москве большинство из изложенных выше идей и методов уже реализовано по специальным постановлениям правительства Москвы. В частности, создана первая очередь общегородской системы экомониторинга, реализуются программы по обращению с бытовыми и промышленными отходами, создана система налоговых льгот и штрафов, разрабатывается программа по снижению экологического ущерба от транспорта, реализуется экологическая программа на объектах энергетики и т. п.

2.2. Измерение качества окружающей среды

Измерение - это однозначное отображение множества объектов в множество результатов измерения, сохраняющее отношения, существующие на множестве объектов.

Это общее определение измерений легко сводится к частному, эмпирическому, определяющему измерение как познавательный процесс, заключающийся в сравнении измеряемой величины с другой величиной, условно принятой за единицу измерения.

Измерение является составной частью управления любым процессом или объектом. Действительно, управление есть целенаправленное воздействие управляющего объекта на управляемый объект, поэтому, если характеристики объекта не измеряются, то оценить результаты управления невозможно.

В качестве объектов измерения в окружающей среде городов обычно выбирается качество атмосферного воздуха, водных ресурсов, почвы, выбросы предприятий в окружающую среду, физические факторы, такие как уровень шума, радиации и т. п.

Физическая природа данных объектов настолько различна, что до настоящего времени не удалось построить их общей математической модели несмотря на то, что единицы измерения их качества часто весьма похожи. Поэтому для каждого объекта разрабатываются собственные единицы и методы измерений. Рассмотрим основные из них.

Исторически наиболее ранний подход заключается в следующем. Среда, например атмосферный воздух, представляется сплошной безвредной или полезной массой, в которой находятся вредные для человека примеси.

Тогда единицей измерения следует считать количество данной примеси на единицу объема или веса среды, называемое обычно концентрацией данной примеси. На практике это мг/л в воде, мг/м³ в воздухе и мг/кг в почве. Если измеряются выбросы в атмосферу или сбросы в воду, то единицами измерения будут г/с или т/год.

В соответствии с [21] разовая концентрация определяется как 20-минутное осреднение мгновенных значений концентрации данной примеси в атмосферном воздухе.

Дадим определение различных способов вычисления концентрации в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01.77.

Среднесуточная концентрация определяется как средняя концентрация из числа разовых, выявленных в течение суток. Концентрация

среднемесячная - средняя концентрация из числа среднесуточных. Среднегодовая концентрация - средняя из числа среднемесячных.

Фоновой концентрацией в данном регионе называют обычно концентрацию веществ в воздухе или воде, определяемую глобальной и региональной суммой естественных и антропогенных процессов.

Описанные единицы измерения называются весовыми. В качестве единицы измерения часто используется просто количество загрязняющих частиц. Например, это количество частиц (молекул) загрязняющего вещества, скажем, окиси азота на миллион или миллиард частиц воздуха ppm (part per million) или ppb (part per billion).

В табл. 2.1 показаны соотношения между ppb и мкг/м³ при 0° и 25°С для некоторых распространенных видов загрязняющих веществ.

Таблица 2.1

Ингредиент	ppb	мкг/м ³ (0°С)	мкг/м ³ (25°С)
CO	1	1,25	1,15
NO	1	1,34	1,23
NO ₂	1	2,05	1,88
SO ₂	1	2,86	2,62
O ₃	1	2,14	1,96

В процентных долях часто измеряется мутность воды или дымность газа. Эта единица основана на методе измерения, при котором измеряемая проба размещается на пути светового потока, 100% которого проходит через эталонную прозрачную пробу.

Одна из наиболее известных количественных единиц измерения качества воды - кислотность (*pH*). Кислотность воды - это отрицательный десятичный логарифм числа молей водорода (кислотного основания) в 1 л воды. Молем называется количество молекул в 12 г углерода - 10²³ молекул. Кислотность обозначается $pH = -\lg[H^+]$.

Чуть подробнее о кислотности. В процессе диссоциации молекулы воды распадаются на ионы *H* и *OH*: $H_2O \rightleftharpoons [H^+] + [OH^-]$. Скорость распада и образования молекул зависит от состава и количества химических примесей и температуры. В воде, которую мы привыкли считать нормальной, при 25°С в каждый момент число $[H^+] = [OH^-]$ и равно 10⁻⁷ молей. В химии такой водный раствор называется нейтральным и его *pH*=7. Если же *pH*<7, то число $[H^+] > [OH^-]$ и вода или водный раствор называются кислот-

ным. Если $pH > 7$, то раствор щелочной. Например, $pH = 3$, т. е. $\lg[H^+] = -3$, $[H^+] = 10^{-3}$ молей или $10^{23-3} = 10^{20}$ ионов. В нормальной же воде $pH = 7$, $\lg[H^+] = -7$, $[H^+] = 10^{-7}$ - молей или $10^{23-7} = 10^{16}$ ионов.

В качестве единицы измерения качества окружающей среды может быть выбрано количество вещества, расходуемого в течение некоторого эталонного процесса. Например, биохимическая потребность в кислороде для воды BPK_5 определяется как количество кислорода, потребляемого микроорганизмами в аэробных условиях (т. е. со свободным доступом газа) выращивания в течение 5 суток инкубации при $t\ 20^\circ\text{C}$. Показатель pH смеси должен быть при этом нейтральным.

Вообще, разнообразие единиц измерения качества воды и почвы больше, чем для воздуха, что обусловлено, прежде всего, большей изученностью проблемы.

В частности, для характеристики качества воды кроме весовых и числовых единиц измерения, используют и такие известные в электротехнике единицы, как электропроводность, индуктивность. Электропроводностью раствора называют способность проводить электрический ток. Электропроводность измеряется в сименсах. Индуктивность - величина, характеризующая величину магнитной энергии, запасаемую в цепи электрического тока. Индуктивность измеряется в генри (Гн). Электрическая цепь обладает индуктивностью в 1 Гн, если при увеличении силы тока на 1 А в течение 1 с в ней возникает электродвижущая сила в 1 В. Чем меньше электропроводность воды, тем она чище.

Особое место в измерении качества окружающей среды занимают измерения доз радиации, поскольку в этом случае непосредственно измеряется количество энергии, а не весовые или процентные показатели. Это связано с тем, что отрицательное влияние на человека оказывают либо проникающие в него частицы вещества с избыточной энергией - протоны (альфа-частицы), электроны (бета-частицы), либо чисто энергетическое излучение некоторых веществ, таких как уран, торий, радий и т. п., называемых радионуклеидами [23].

Время, за которое распадается в среднем половина всех радионуклеидов данного типа в любом радиоактивном источнике, называется периодом полураспада соответствующего изотопа. Изотопом называется разновидность одного и того же химического элемента, атомы которых отличаются различным числом нейтронов.

Число распадов в секунду в радиоактивном образце называется его активностью. В системе СИ единицей измерения активности является беккерель (в честь французского ученого Анри Беккереля, открывшего

явление радиоактивности). Один беккерель равен одному распаду в секунду.

При выборе единиц измерения доз радиационного облучения ученые руководствовались соображениями о различной проникающей способности различных видов облучения и разной чувствительностью различных тканей человеческого тела к облучению.

В соответствии с этим поглощенная доза - это количество энергии излучения, поглощенное единицей массы облучаемого тела. Измеряется в грэях (Гр) в системе СИ. Один Гр равен 1 Дж/кг.

Различные виды излучения обладают разными свойствами. Так, альфа-излучения легко задерживаются листом бумаги или здоровой кожей человека, бета-излучения задерживаются листом стали толщиной в несколько миллиметров, а гамма-излучение проникает сквозь бетонную плиту, однако попадая внутрь через раны или с пищей, альфа-излучение оказывается в 20 раз опаснее для организма, чем другие виды излучения. Поэтому было введено понятие эквивалентной дозы облучения.

Эквивалентная доза - это поглощенная доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения поражать ткани организма. Единица ее измерения называется зивертом (Зв) в системе СИ. 1 Зв соответствует поглощенной дозе 1 Дж/г для рентгеновского, гамма и бета-излучений.

Поскольку разные органы человека по-разному поражаются от одного и того же вида излучения, то для оценки общей степени поражения одного человека вводится понятие эффективной эквивалентной дозы, которая представляет собой сумму произведений радиационного риска для основных органов человека. Она также измеряется в зивертах. На рис. 2.1 показаны коэффициенты риска человека.

**Коэффициенты рационального риска
для разных органов человека при равномерном
облучении всего тела**

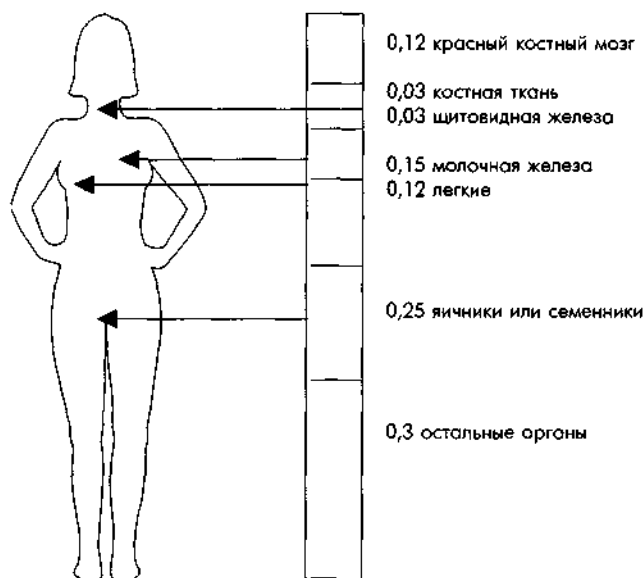


Рис. 2.1

Для оценки степени поражения группы людей вводится понятие коллективной эффективной эквивалентной дозы, которая определяется как сумма эффективных эквивалентных доз, полученных членами группы и измеряется в человеко-зивертах (чел./Зв).

Наконец, коллективная эффективная эквивалентная доза, которую получают многие поколения людей от какого-либо радиоактивного источника во время его существования, называют полной коллективной эффективной эквивалентной дозой.

В бытовой практике широко распространены такие единицы измерения активности излучения, как кюри, единицы измерения поглощенной дозы - рад, бэр, рентген. Рентген (Р) - это доза гамма-излучения, при поглощении которой в 1 см^3 сухого воздуха при температуре 0°C и давлении 760 мм рт. ст. образуется 2,083 миллиарда пар ионов, каждый из которых имеет заряд, равный заряду электрона.

Остальные связаны с единицами системы СИ следующими соотношениями:

$$1 \text{ Ки} = 3,700 \cdot 10^{10} \text{ Бк};$$

$$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр};$$

$$1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}.$$

Вопросы нормирования доз радиации являются предметом исследования для коллективов ученых, во всем мире и до сих пор нет единых пороговых норм облучения, т. к. степень поражения организма зависит от слишком большого числа неформализуемых факторов. Тем не менее можно привести некоторые статистически подтверждаемые данные. Так, если поглощенная доза равна 100 Гр, человек гибнет через несколько часов после облучения; если доза составляет от 10 до 50 Гр, то смерть наступает через одну-две недели; а если доза колеблется от 3 до 5 Гр, 50% облученных умирают в течение 1-2 месяцев. В обычной городской жизни, как правило, постоянно измеряется уровень гамма-фона в атмосферном воздухе, который для каждого региона имеет свое устойчивое значение, и радиозоологический мониторинг следит за возможным повышением уровня гамма-фона над естественным в данной местности. Для Москвы, например, нормальным считается уровень 8-20 мкР/час.

С развитием городов важным показателем качества окружающей среды становится уровень шума. Как показали исследования, организм человека к шуму не привыкает, и даже когда ему кажется, что он его не слышит, постоянное звуковое давление на барабанные перепонки отрицательно сказывается на здоровье.

Единицей измерения шума является децибел (Дб). Число децибел равно десятичному логарифму отношения интенсивностей, умноженному на 10, т. е. $10 \lg I/I_0$. Обычно в акустике за I_0 принимается интенсивность в $9 \cdot 10^{-10}$ эрг/см² с, примерно равная интенсивности на пороге слышимости при 1000 Гц.

Итак, мы рассмотрели некоторые простые единицы измерения качества окружающей среды. Они сведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Среда	Единицы измерения	Обозначение
Воздух	Весовые	мг/м ³ , мкг/м ³ , ppm, ppb
	процентные	%
Вода, почва	весовые	мг/л, мкг/л, ppm, ppb
	процентные	%
	электропроводность	См
	индуктивность	Гн
	кислотность	pH
	биологическое потребление кислорода	ВПК
	запах, цветность	баллы
Шум	мутность	%
	Радикация	беккерель, грэй, зиверт, рентген
Шум	децибел	Дб

Прежде чем переходить к более сложным методам и единицам измерения, обсудим вопросы точности измерений.

Оценим точность измерения одного ингредиента, например окиси азота, в атмосферном воздухе в одной точке. Можно предложить очень простой метод измерения. Нужно быстро отобрать 1 м³ атмосферного воздуха в замкнутое пространство, например, в цилиндр с поршнем, затем сделать в нем маленькое отверстие и, выдавливая из него воздух молекула за молекулой, считать среди них молекулы окиси азота. Если бы наблюдатель был сравним с размерами молекул, то он безошибочно смог бы различить молекулу окиси азота от азота или кислорода. Отличаем же мы «Мерседес» от «Лады» на улицах Москвы.

Точность предложенного метода измерения абсолютная, ошибки нет. Однако, по мере удаления наблюдателя от объекта, относительного уменьшения объекта, увеличения скорости его движения, сокращения продолжительности жизни объекта, уверенность в правильном определении типа объекта уменьшается. Это означает, что при подсчете числа молекул можно пропустить несколько молекул окиси азота, приняв их за другие молекулы, например, из 100 пропустить 5 или вместо 100 насчитать 105.

Разность между действительным значением измеряемой величины и результатом измерения называется погрешностью или ошибкой измере-

ния. Если x - действительное значение, Q - результат измерения, Δx - погрешность измерения, то $\Delta x = x - Q$. Чаще измеряется не абсолютная, а относительная погрешность, определяемая в процентах: $\Delta x\% = \frac{x - Q}{Q} \cdot 100\%$.

Чтобы увеличить точность измерения, можно сразу отобрать несколько проб по 1 м³ и затем измерить каждую.

Полученное множество чисел будет описывать единственное число, являющееся действительным значением.

Действительное значение концентрации окиси азота в 1 м³ в силу объективных физических причин оказывается случайной величиной, которую можно вычислить по результатам отдельных измерений с некоторой долей вероятности.

Погрешность разового измерения в нашем конкретном случае зависит от множества причин методического, инструментального, субъективного характера. Методические погрешности возникают в результате ошибок в методике измерения. Инструментальные ошибки являются следствием неточности приборов и приспособлений. Индивидуальные ошибки - это ошибки наблюдателя. Инженерный опыт показывает, что ошибки разовых измерений в газо- и гидродинамике измеряются десятками процентов.

Для того, чтобы вычислить значение случайной величины, нужно знать ее функцию распределения, т. е. функцию, показывающую с какой вероятностью случайная величина принимает те или иные числовые значения. Это, в свою очередь, определяется физическими свойствами процессов распределения примесей в воздухе, воде, почве и описывающими их математическими моделями.

Обобщенный в литературе экспериментальный опыт показывает, что случайные величины концентрации микропримесей в атмосфере и воде подчиняются нормальному закону распределения.

Предполагая, что читатель знает основы теории вероятности, приведем без комментариев главные формулы нормального закона.

Плотность вероятности:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

$$M[x] = m$$

$$D[x] = \sigma^2$$

Графическое представление нормального закона распределения приведено на рис. 2.2.

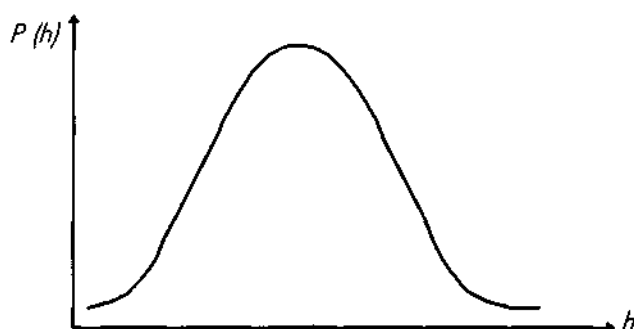


Рис. 2.2

Значение случайных величин, характеризующихся нормальным законом распределения, определяется математическим ожиданием, а при достаточно большом числе измерений можно в качестве действительного значения использовать и среднеарифметическое множество из n измеренных значений.

При этом точность среднего результата из n измерений величины с нормальным законом распределения в $\sqrt{n}$ раз выше точности единичного измерения.

Относительная суммарная погрешность измерения массовой концентрации определяемых веществ в атмосферном воздухе согласно ГОСТ 17.2.4.02-81 не должна превышать $\pm 25\%$.

Таким образом, разовое измерение концентрации примеси в атмосферном воздухе обладает невысокой точностью. Если даже повысить его, отбирая несколько проб, все равно нельзя судить о состоянии атмосферного воздуха после разовых измерений, особенно в динамических городских условиях.

Как показывают эксперименты в центре Москвы, значения концентрации примесей в течение суток изменяются в 2-3 раза. На рис. 2.3 показано изменение концентрации СО в одной точке Зеленограда в течение одного дня. Например, нужно определить среднесуточное значение концентрации окиси азота в одной точке города. Предположим, что измерение значений производится 3 раза в сутки. Если значения концентрации примесей изменяются в течение суток в 2 раза, то максимальная ошибка одного измерения равна 100% при абсолютной инструментальной точности и суммарная ошибка трех измерений составляет

$100/\sqrt{3} = 57,8\%$. Несложные расчеты показывают, что для измерения сред-

несуточного значения концентрации примесей в атмосферном воздухе в центре Москвы с требуемой по ГОСТу точностью необходимо проводить не менее 16 измерений, каждый раз с абсолютной точностью. Если же ошибка разового измерения составляет 20%, то необходимое количество измерений для определения среднесуточного составит не менее 24, т. е. еже часно. Если знать многолетний среднесуточный график значений концентрации примеси в точке города, то количество измерений может быть незначительно уменьшено. Реально применяемый в настоящее время в Москве процесс измерения среднесуточных концентраций основных примесей CO, NO, NO₂, O₃, TCH с помощью автоматических приборов построен по еще более сложной методике для того, чтобы достичь необходимой точности.

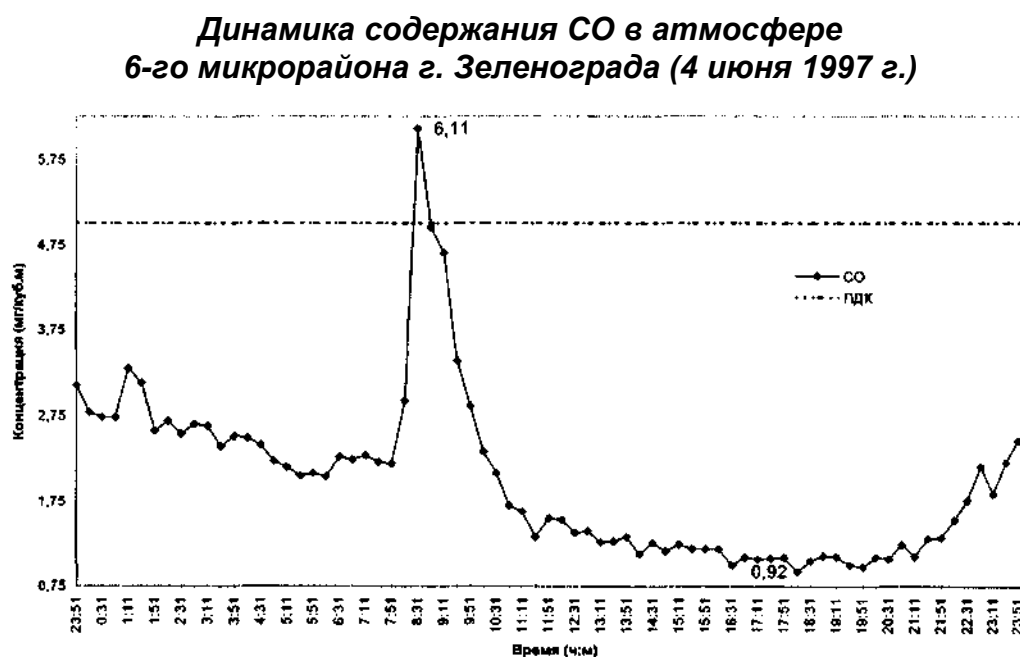


Рис. 2.3

Мы дали минимальные сведения о точности измерений качества окружающей среды для того, чтобы можно было обсудить интегральные критерии, индексы, индикаторы, оценки качества среды. Невозможность оперативного измерения сотен примесей в природной среде и невозможность осмысления результатов измерения побудили специалистов искать более общие способы оценки качества. К настоящему времени эти работы находятся на стадии исследований и на практике пока в основном об-

ходятся значениями концентрации до десяти примесей в атмосфере, воде, почве.

2.3. Нормирование качества окружающей среды

В математике под нормой функции случайной величины матрицы, множества и т. д. понимается некоторая их максимальная характеристика.

Например, норма матрицы A $m \times n$ над полем комплексных чисел равна

$$\|A\| = \sup \left| \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n a_{ik} \xi_i \eta_k \right|;$$

$$\text{норма вектора } x: \quad |x| = (x \cdot x)^{1/2} = \left(\sum_i x_i^2 \right)^{1/2}$$

Не для всякого математического объекта может быть определена норма. Например, для множества она может быть найдена, если только на нем введено отношение порядка.

Тогда норма множества элементов x определяется как $\sup(x \cdot x)^{1/2}$

Понятие «нормирование» не имеет однозначного толкования, но имеет близкую семантику.

Нормирование - это либо нахождение отношения текущего значения функции и нормы, либо линейное преобразование к стандартному виду.

В области охраны окружающей среды, охраны труда, санитарной гигиены под нормированием понимается процесс определения максимально допустимых нагрузок на экосистему, человека, природную среду, превышение которых приводит к их необратимым изменениям.

В санитарно-гигиеническом нормировании при исследовании влияния примесей различных веществ в воздухе, воде, почве на здоровье человека было введено понятие предельно допустимых концентраций (ПДК).

ПДК - это максимальная концентрация примеси в природной среде, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного воздействия (включая отдаленные последствия).

Различают максимальные разовые и среднесуточные ПДК.

Максимальная разовая ПДК устанавливается для предупреждения рефлексных реакций у человека (ощущения запаха, световосприятия, чувства времени и т. п.).

Среднесуточная ПДК определяется как концентрация загрязнителя в воздухе, не оказывающая на человека прямого или косвенного вредного воздействия при круглосуточном вдыхании.

Некоторые авторы считают, что максимально разовые, среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые концентрации соотносятся как 10:4:1,5:1.

Предельно допустимые концентрации определяются в результате медицинских исследований и утверждаются Министерством здравоохранения России (ранее СССР). Для не утвержденных нормативов устанавливаются сроком на 3 года так называемые ориентировочно безопасные уровни вредности (ОБУВ). Санитарно-гигиенический подход к нормированию был заложен в 30-е гг. XX века русскими исследователями и в настоящее время признан во всем мире. Общее количество нормируемых концентраций в воде, почве, воздухе установлено в России более чем для 5000 веществ.

В табл. 2.3 показаны ПДК некоторых наиболее актуальных в настоящее время примесей в атмосферном воздухе, в табл. 2.4 приведены ПДК примесей в воде.

Таблица 2.3

Вещество	ПДК макс, разовая, мг/м ³	ПДК среднесуточная, мг/м ³	Класс опасности
Двуокись азота	0,085	0,040	2
Оксид азота	0,4	0,06	3
Оксид углерода	5,0	3	4
Двуокись серы	0,5	0,05	3
Озон	0,16	0,03	1
Фенол	0,01	0,003	2

Таблица 2.4

Вещество	ПДК, мг/л
Свинец	0,03
Кадмий	0,001
Цинк	5,0
Медь	1,0
Бенз(а)пирен	0,000005
Железо	0,3
Бром	0,2
Фенол	0,001

Санитарно-гигиеническое нормирование является в настоящее время основным в практике работы природоохранных организаций, несмотря на то, что обладает рядом существенных недостатков. Во-первых, оно не позволяет учитывать воздействия на окружающую среду одновременно нескольких различных по характеру веществ, во-вторых, определение и утверждение ПДК проводится без учета региональных особенностей ее применения. Тем не менее, санитарно-гигиеническое нормирование остается единственным, широко опробованным на практике и в лабораторных условиях методом нормирования.

Если бы критерием качества воздуха можно было выбрать только концентрацию окиси азота, качества воды - только pH, качества почвы - количество свинца, то проблема измерения и нормирования качества окружающей среды решалась бы достаточно просто. Однако врачи-гигиенисты, которые имеют решающее слово, выделяют более 5000 веществ, большая концентрация которых в природной среде наносит вред здоровью человека. Если даже предположить, что удалось измерить концентрацию каждого из них в среде, то дать оценку состояния среды в целом при этом практически невозможно. Поэтому ученые разрабатывают некоторые общие, интегральные оценки качества среды.

Любая интегральная оценка качества окружающей среды является по существу сверткой множества результатов измерения, проводимой на содержательном и на формальном уровне. В математической статистике под числовой или графической сверткой понимается любая свертка информации, которая извлекается из массива данных для того, чтобы выявить хотя бы одну из присущих им особенностей. В научной и инженерной практике используются термины: интегральные оценки, индексы или индикаторы качества состояния окружающей среды.

России индикаторы состояния окружающей среды использовались в 70-х гг. в работах Н. Н. Моисеева, получивших мировое признание, по моделированию природно-экономических систем.

Но еще ранее была предложена следующая интегральная оценка качества окружающей среды, содержащей несколько загрязняющих веществ, обладающих однонаправленным действием.

$$I_n = \frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_i}{ПДК_i} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n};$$

где $C_i = 1, \dots, n$ - концентрация i -го загрязняющего вещества, ПДК, - предельно допустимая концентрация i -го вещества.

Применение данной оценки на практике затруднено прежде всего потому, что если предъявить к ней такие же требования по точности, как и ее составляющим, то частота и точность разовых измерений уже при $n > 3$ выйдут за технически достижимые параметры. Действительно, пусть $n = 3$, тогда

$$I_n = \frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3}$$

Для простоты предположим, что речь идет о трех видах газовых примесей в атмосферном воздухе. Поскольку все три случайные величины взаимонезависимы, общая ошибка складывается из трех ошибок отдельных переменных. Если общая ошибка вычисления должна быть не более 20%, то ошибка вычисления значения одной переменной должна быть не более 6,5%, а это означает, что измерения нужно производить каждые 4,2 мин. что при сегодняшнем техническом уровне России невозможно. В отличие от Москвы, в Берлине измерения фиксируются каждые 3 мин. что позволяет достичь точности измерения 5,4% и применять простейшие методы интеграции отдельных показателей. Существует несколько модификаций описанного индикатора [19].

Вопросы точности являются камнем преткновения практически для всех индикаторов качества окружающей среды, что не мешает ученым продолжать их разработку.

Обобщая известную литературу и собственный инженерный опыт, сформулируем условия, при которых свертка может служить индикацией:

1. Индикация должна быть построена таким образом, чтобы к участию в ней было допущено любое наблюдение.
2. Индикация должна быть выражена таким образом, чтобы по крайней мере некоторые из тех, кто заинтересован в предмете, могли осмыслить ее интерпретацию.

3. Индикация должна представлять величины и числа, математические операции, с которыми определены хотя бы в одном из известных пространств (действительные числа, алгебры).

4. Индикация должна обеспечить возможность получения оценки для города в целом по оценкам для его частей или объектов.

5. Индикация должна гарантировать чувствительность значений получаемых величин с тем, чтобы можно было проследить пространственно-временную изменчивость или изменчивость, связанную с ходом определяющих факторов. В противном случае она должна позволить доказать, что изменений не произошло.

Индексы или индикаторы качества окружающей среды могут быть либо результатом математической процедуры (свертки), либо результатом выбора наиболее представительных показателей качества, значения которых либо хорошо коррелируются со значениями других важных показателей, либо с желаемой степенью адекватности оценивают качество окружающей среды в целом.

Подавляющее число известных индикаторов было разработано для природных экосистем.

Наиболее полная в литературе классификация индикаторов дана в [17].

Предложенная там классификация приведена на рис. 2.4

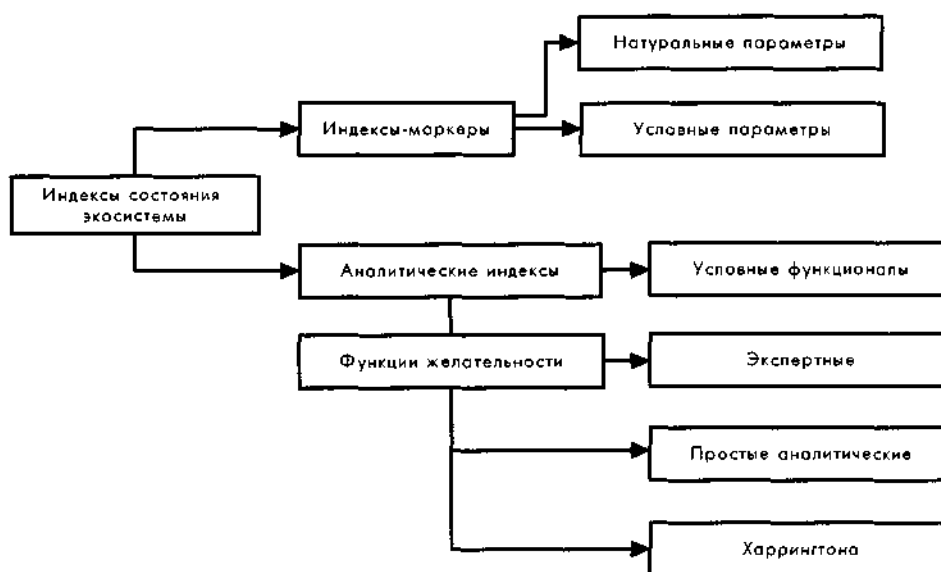


Рис. 2.4

Согласно ей, индикаторы делятся на индикаторы-маркеры и аналитические индексы, которые, в свою очередь, делятся на условные функционалы и функции желательности.

Индикаторы-маркеры используют непосредственно показатели жизнедеятельности экосистемы, такие как биомассы, прирост популяции, продолжительность жизни особей. Могут быть также использованы различные виды условных параметров, таких как, например, отношение массы подстилки к массе ежегодного опада листьев.

Один из перспективных подходов к определению качества окружающей среды - использование биотестов. Суть его заключается в том, что в окружающую среду помещаются тест-организмы, оптимальные условия жизни которых и некоторые числовые параметры известны. В течение эталонного срока наблюдения измеряются числовые параметры жизни тест-организмов в окружающей среде и сравниваются с оптимальными. Использование биотестов для оценки окружающей среды в городах пока не признано нормативными органами ввиду низкой надежности и отсутствия устойчивой повторяемости.

Так называемые условные функционалы - это математические функционалы, функциями в которых выступают показатели качества окружающей среды. Примером условных функционалов могут служить индексы Симпсона и информационная мера Шеннона.

Функции желательности являются частным случаем аналитических индикаторов. Они представляют собой способ перевода натуральных значений единиц измерения качества окружающей среды в единую безразмерную числовую шкалу с фиксированными границами. Рассмотренная выше интегральная оценка является примером функции желательности. Функции желательности позволяют использовать единицы размерности разной природы и размерности.

Все рассмотренные выше индикаторы разрабатывались и использовались для природных экосистем. Город в целом очень не похож на природную экосистему и имеет следующие основные отличия:

- загрязнение природной территории, атмосферного воздуха, поверхностных вод гораздо более интенсивное и неоднородное по площади распространения, чем в природных экосистемах;
- динамика изменения уровня загрязнения атмосферного воздуха в течение суток (суточный ход) в сотни раз более интенсивная, чем в природе;
- число вредных примесей составляет десятки, в отличие от единиц в природе;

- динамика и местоположение источников выбросов меняются быстрее, чем в природных экосистемах.

Управление качеством окружающей среды в городах, в отличие от природных комплексов, предполагает принятие управляющих решений в течение дней, а управляющих воздействий - в течение месяца. Например, в Берлине при повышенной концентрации озона в атмосферном воздухе водителям личных автомобилей рекомендуется ограничить движение по городу. В Москве техногенные выбросы неоднократно приводили к чрезвычайным ситуациям. Научный подход к управлению качеством заключается в том, чтобы выбирать время, направления и продолжительность управляющих воздействий на основе регулярных измерений и прогнозов развития экологической ситуации.

При современном уровне измерительной техники и методике измерения даже простые и легко интерпретируемые индексы дают необходимую точность только для среднегодовых значений.

Рассмотренные выше индикаторы качества не применимы для оперативного управления окружающей средой городов по следующим причинам:

- низкая точность или, что то же самое, достижение высокой точности за слишком длительное время;
- не приспособленность к экологическим условиям.

Сказанное не означает, что индикаторы не применимы в городе вообще. Также, как и в природных экосистемах, они могут быть использованы для измерения процессов, протекающих годами, и управления этими процессами, например, выводом предприятий, строительством очистных сооружений, строительством и реконструкцией дорожного хозяйства.

Для этого нужно приспособить известные индикаторы к городским условиям и, возможно, разработать ряд специфических, новых, описывающих нагрузку на городские территории, здоровье населения.

Целесообразная частота подсчета индикаторов зависит от частоты измерения входящих в них параметров. На содержательном уровне можно сказать, что если в индикатор входит g взаимонезависимых параметров, период измерения которых равен t , то период расчета индикатора будет не чаще, чем krt , где k - некоторая константа.

Предложим комплекс индикаторов качества природной среды, учитывающий особенности городов.

Суть их сводится к следующему. Будем оценивать окружающую среду городов непосредственно по антропогенной нагрузке на природные среды (воздух, воды, почва) и косвенно - по характеристикам населе-

ния города. В качестве последних целесообразно взять заболеваемость, число жителей и скорость изменения числа жителей. Это сделано, во-первых, потому, что данные характеристики широко используются в экологических исследованиях биологических популяций (индекс обилия, индекс устойчивости и т. п.), во-вторых, потому, что они могут быть вычислены по имеющимся в любом городе данным.

Что же касается индикаторов антропогенной нагрузки, то их также три - индикаторы антропогенной нагрузки на воздух, воду и территорию. Все они представляют модификацию индикатора типа I_n , построенного так, чтобы выделить устойчивую составляющую. Для этого, как обычно в математической статистике, используют среднеквадратичное отклонение. В общем виде модифицированный индикатор нагрузки на среду предлагается рассчитывать по формуле

$$I_n = \sqrt{\sum a_i (C_i / ПДК_i)^2},$$

где C_i - средняя концентрация i -го ингредиента в среде, $ПДК_i$ – $ПДК$ i -го ингредиента, a_i - "вес" или значимость i -го ингредиента.

Полное описание предполагаемых индикаторов приведено в [26]. На рис. 2.6 показаны графики изменения значений индикаторов для Москвы за последние 10 лет.

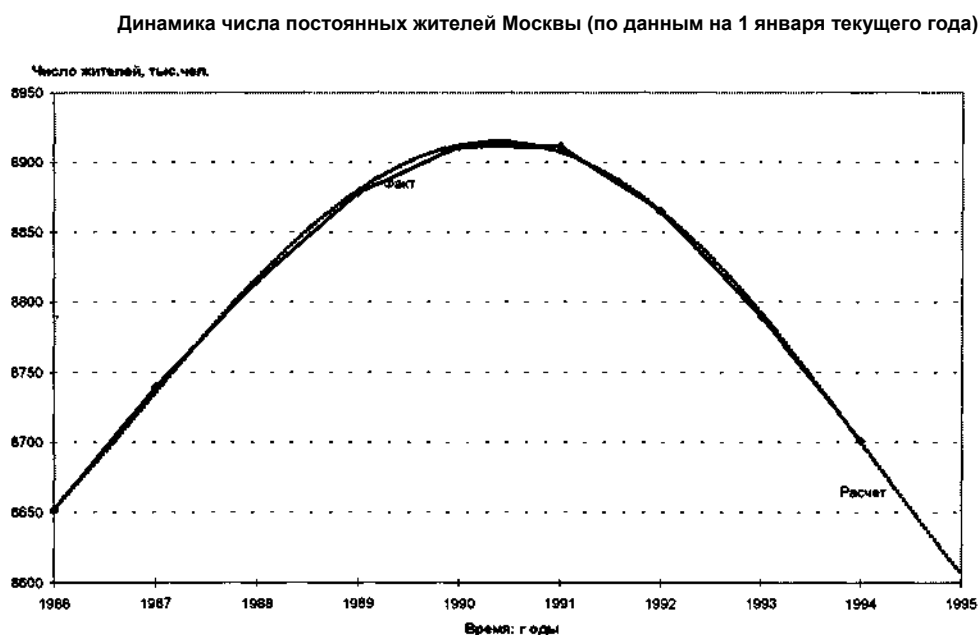


Рис. 2.6, а

Динамика индекса антропогенной нагрузки в Москве

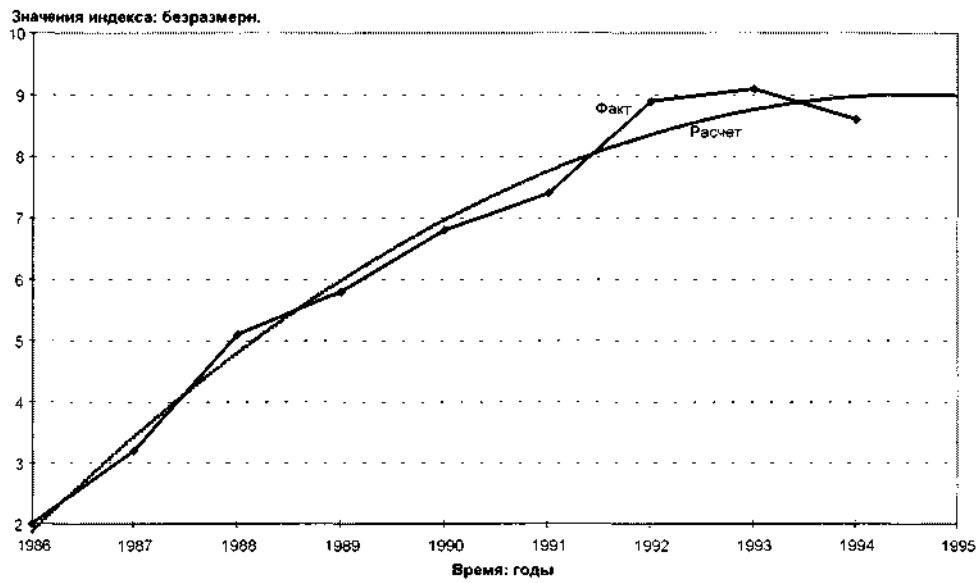


Рис. 2.6, б

Динамика индекса загрязнения территории Москвы

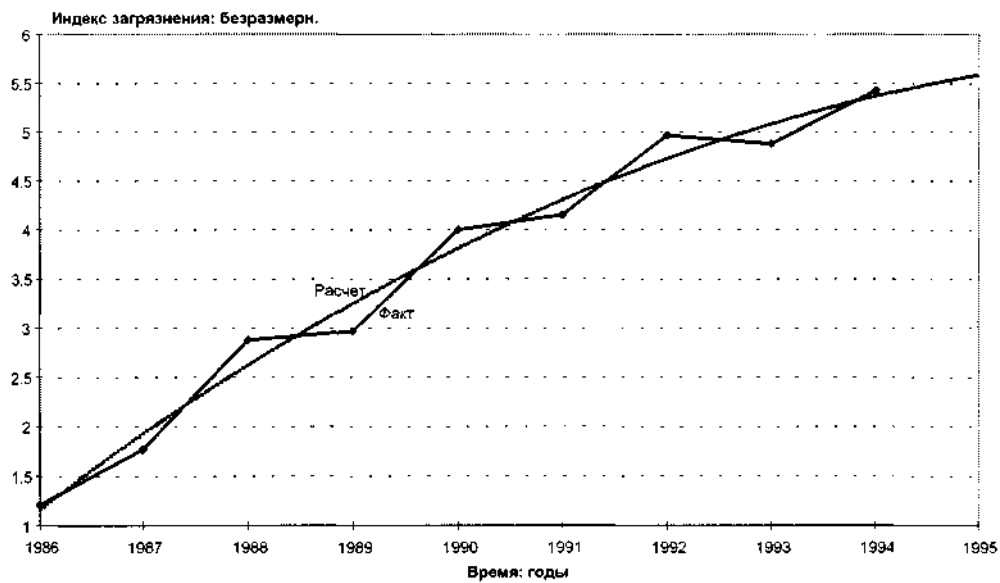


Рис. 2.6, в



Рис. 2.6, г

Они показывают резкое ухудшение состояния окружающей среды за период 1990-1995 гг. и постепенное выравнивание графиков, свидетельствующее о стабилизации процессов.

Авторы отдают себе отчет, что предложенные индикаторы требуют обширных исследований для определения их достоверности. В то же время, это первая попытка дать комплексную оценку состояния городской среды.

2.4. Экологический мониторинг

Системы экологического мониторинга являются необходимым звеном системы управления качеством окружающей среды. Их разработке посвящено большое количество статей. В настоящее время в мире детально разработаны структуры систем мониторинга, выпускается широкая номенклатура анализаторов и других измерительных приборов, разработано математическое обеспечение. Общим недостатком большинства работ является слабая ориентация их на конкретные условия города, его особенности. Для городских властей основными объектами экомониторинга городов являются природные среды (атмосферный воздух жилых зон, качество водоисточников и поверхностных вод, почва), а также транспорт и городские инженерные системы.

Система экологического контроля промышленности и объектов энергетики строится преимущественно как ведомственная, с элементами инспекционного контроля со стороны городских властей.

На рис. 2.7 в графическом виде представлены объекты экомониторинга. Прежде чем создавать систему экомониторинга в городе, нужно ответить на следующие основные вопросы:

1. Кто в городе выполняет исполнительные функции по охране окружающей среды?
2. Какая и как часто нужна информация исполнительному органу?

Объекты мониторинга общегородской системы

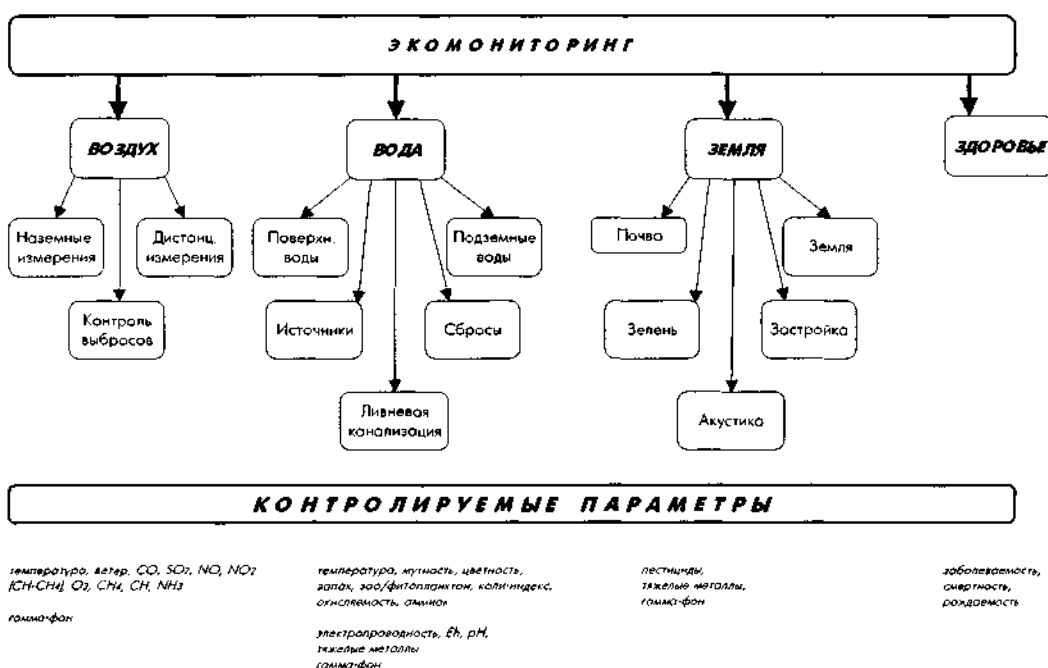


Рис. 2.7

Однозначного ответа на эти вопросы, как правило, нет, т. к. нет формальных алгоритмов управления качеством среды и администрации городов руководствуются здравым смыслом и собственной фантазией. Обычно проводится анализ выбросов имеющихся на территории предприятий, оценивается их экологический вред и в зависимости от финансовых возможностей выбираются наиболее важные измеряемые параметры. Привлекаются также данные по фоновому загрязнению, собранные территориальными отделениями Роскомгидромета. Общими измеряемыми ингредиентами для всех городов мира являются окислы азота, углерода, серы, суммарные углеводороды, пыль, озон.

Эти примеси в воздухе возникают как продукты сгорания в объектах энергетики и различного рода двигателях. Безусловно, анализ выбросов предприятий на территории города может показать наличие более опасных примесей, таких как цианиды, фтористый водород, фенолы и т. д.

Следующий этап проектирования системы экомониторинга состоит в определении содержания и вида информации, передаваемой исполнительному органу.

В системе управления качеством окружающей среды в городе должны участвовать три звена: законодательное, исполнительное и контролирующее. Наиболее подробная информация нужна исполнительному органу, остальным достаточно обзорных справок по принципу «хорошо - плохо». Роскомгидромет проводит регулярные анализы (3-4 раза в день) в каждом крупном городе России, однако эти данные, достаточные только для получения среднегодовых значений по качеству окружающей среды, не отражают динамику жизни города, не достаточны для оперативного управления. Они, в частности, не позволяют обнаружить залповые выбросы с предприятий, особенно в ночное время.

Исходной информацией для расчета частоты измерения концентрации некоторого ингредиента в окружающей среде является динамика изменения концентрации за некоторый период. Для условий городской жизни - это сутки. Так называемый суточный ход позволяет определить нижние и верхние пределы изменения концентрации и по известным формулам рассчитать частоту измерения данного ингредиента.

Для обнаружения залповых выбросов и сбросов нужно знать технологию подозреваемого предприятия, продолжительность возможного выброса, время его рассеивания. По сложившейся в мире практике основные ингредиенты, перечисленные выше, измеряются в атмосферном воздухе каждый час, что позволяет получать объективную и оперативную картину в городе и обнаруживать следы залповых выбросов. Для поиска конкретных источников залповых выбросов необходимо рассчитывать и проводить инспекционные измерения в зоне действия подозреваемого предприятия. Таким образом, мониторинг позволяет, с одной стороны, оперативно наблюдать за состоянием быстроменяющейся городской среды, а с другой, содействует поиску источников залповых выбросов.

Разделим города на три вида: первые, в которых амплитуда суточного хода уровня загрязнений атмосферного воздуха составляет не более 30%; вторые, в которых амплитуда не более 150% и, наконец, третьи с амплитудой более 150%.

Очевидно, что первые города могут обойтись системами мониторинга Роскомгидромета при условии оперативного проведения анализов. Вторые требуют дополнительных средств, например, в виде автома-

тических пробоотборников и, наконец, третьи нуждаются в автоматических анализаторах.

Приведенные соображения основаны на здравом смысле и позволяют разработать детальные экономичные схемы мониторинга для каждого типа города.

Рассмотрим на примере Москвы, как строилась существующая автоматизированная система экомониторинга. В Москве около 500 организаций по роду своей деятельности проводят наблюдения за качеством воздуха, воды, почвы. Как правило, собранные ими данные не представляют интереса для администрации города, т. к. не регулярны или измеряются неаттестованными приборами.

Регулярные наблюдения за состоянием природных сред проводят МосЦГМС, Моссанэпиднадзор, Мосводоканал, МосНПО «Радон», инспекционные наблюдения ведут Москомприрода, ГП «Экотехпром», «Промотходы», другие городские организации. Эти данные разрозненны, не образуют целостной картины, не позволяют оперативно обнаруживать и устранять чрезвычайные экологические ситуации. Вместе с тем, сбор данных и анализ их в одном месте позволили бы определить состояние окружающей среды в целом и исследовать тенденции ее изменения.

Для обнаружения чрезвычайных экологических ситуаций необходимо увеличить частоту контроля сред, особенно атмосферного воздуха.

В табл. 2.5 показан достигнутый и необходимый уровень получения данных по средам.

Таблица 2.5

Объекты	Характеристики	Периоды контроля			
		СУТКИ	НЕДЕЛЯ	КВАРТА	ГОД
Воздух	Метеоданные	*	+		
	Загрязнители	*			+
	Акустика				
Вода	Физ.-хим. свойства		* +		
	Загрязнители		*		+
Земля	Застройка			*	+
	Зеленые насаждения			*	+
	Загрязнения отходами и свалками			*	+
	Загрязнения поверхностного слоя			*	+
	Состояние недр		*		+
	Радиация: гамма-фон воздуха, воды и земли, суммарная бета-активность вод		* +		
	Население			* +	

Примечание: «+» в таблице обозначает достигнутый уровень оперативности контроля объектов мониторинга, «*» - уровень, требуемый для обеспечения управления экологической обстановкой.

Учитывая, что время рассеивания выбросов в воздухе составляет десятки минут, а в воде - несколько часов, неавтоматизированные методы контроля не могут обнаружить следы выбросов.

Изучение систем экологического мониторинга в крупных городах Западной Европы, Японии, Америки позволяет выделить следующие основные особенности систем:

а) система экологического мониторинга является составной частью городского хозяйства. Соответственно материальная часть, управление системой находится в ведении городских властей;

б) в последние годы основные усилия городов направлены на совершенствование системы контроля качества атмосферного воздуха;

в) при контроле качества атмосферного воздуха используются, прежде всего, автоматические измерительные средства;

г) ежечасно, а в некоторых странах и каждые 3 минуты, собираемые данные об атмосферном воздухе служат для контроля текущей обстановки и определения тенденций развития экологической ситуации;

д) наиболее богатые города и страны, прежде всего, Германия, создают отдельные системы контроля качества атмосферного воздуха, воды, почвы муниципального подчинения;

е) ответственность за контроль за выбросами и сбросами возлагается обычно на предприятия - источники выбросов, а не на муниципальные службы.

С учетом мирового опыта система экомониторинга определяется как организационно-техническая система, выполняющая следующие задачи:

- сбор и распространение достоверной и оперативной информации о состоянии окружающей среды, ориентированной на пользователя;

- анализ информации с целью оценки влияния источников загрязнения на экологическое состояние города и составление прогнозов изменения состояния окружающей среды;

- разработка проектов управляющих решений с оценкой их последствий для окружающей среды.

При разработке проекта системы экомониторинга Москвы нужно было выбрать оптимальное сочетание методов прямого измерения и математического моделирования.

Невозможно поставить измерительную аппаратуру в каждую точку города, поэтому можно восстанавливать общую картину загрязнения по результатам измерений в отдельных точках с помощью интерполяционных моделей. Такие модели пока не разработаны до степени практического применения. Поэтому для мониторинга атмосферного воздуха был выбран путь строительства в Москве стационарных автоматических постов контроля качества атмосферного воздуха и дополнения их передвижными инспекционными средствами.

В результате анализа и коллективных обсуждений был предложен общий, оптимальный подход к общегородской системе экомониторинга. Он предполагает, прежде всего, организацию регулярного сбора информации от федеральных и ведомственных природоохранных служб и основных природопользователей в единый городской информационно-вычислительный центр.

Кроме того, предполагается развитие систем мониторинга по отдельным природным средам и экологическим факторам.

Собранные в городском центре данные используются для составления оперативных и аналитических справок о состоянии окружающей среды. Форма и содержание справок определяются Москомприродой. На их основе разрабатываются прогнозы развития ситуации и проекты управляющих решений для правительства Москвы.

На рис. 2.8 приведены основные направления по созданию общегородской системы экомониторинга Москвы.

Направления работ по реализации общегородской системы экомониторинга Москвы



Рис. 2.8

Важнейшим элементом системы экомониторинга является обработка данных, представление их пользователю и дальнейшее использование. Методы и алгоритмы обработки данных экомониторинга, прежде всего, зависят от цели мониторинга и пользователя информации. В принципе, для стратегического планирования природоохранных мероприятий, для оценки их результативности, для предоставления информации фирмам по работе с недвижимостью, строительным фирмам достаточно общей, интегральной оценки качества окружающей среды. Данные организаций, работающих в области охраны окружающей среды и здоровья населения, передаются в информационно-аналитический центр, из которого ежесуточные, недельные, квартальные и годовые справки отправляются в городские и федеральные органы. Передаваемая информация разбивается на три блока: состояние объектов городского хозяйства, характеристика выбросов, состояние воздушной и водной сред, а также почв. В каждом блоке информация делится по периодам контроля: суточная, недельная, квартальная, годовая. В табл. 2.6, 2.7 и 2.8 показан вариант регламента обмена информацией в общегородской системе экомониторинга.

Таблица 2.6

Состояние воздушной и водной сред, а также почв

Суточная информация	
Источники данных	Содержание информации
МосЦГМС	Метеоданные, основные загрязнители воздуха
Все организации и штаб ГОЧС	Сведения о катастрофических ситуациях
Недельная информация	
МосЦГМС	Данные об опасных метеорологических, гидрологических и гидрохимических явлениях, действительных и прогнозируемых значениях загрязнения атмосферы, о фоновых значениях и значительных превышениях ПДК основных показателей состояния в контролируемых средах Характеристика состава и количества загрязняющих веществ
Мосводоканал	Данные о составе вод и загрязнении источников водоснабжения Москвы, об объемах и качестве сточных вод
Геоцентр "Москва"	Режим и загрязнение подземных вод
МосНПО "Радон"	Гамма-фон воздушной среды, воды и территории

Продолжение табл. 2.6

Квартальная информация	
НИИПИ Генплана	Данные по экологическому и социальному состоянию застройки
МЛТПО "Мослесопарк"	Оценка состояния растительности
ГП "Экотехпром"	Данные о промышленных отходах
ЗАО "Прима"	Данные о твердых бытовых отходах
Москомзем	Загрязнение поверхностного слоя
Геоцентр "Москва"	Данные о режиме и загрязнении подземных вод
МосНПО "Радон"	Радиационный фон воздуха, воды, снега, растительности
МГЦ ГСЭН	Заболеваемость
Мосгоркомстат	Численность, возрастно-половая структура, рождаемость, смертность, миграция населения
Информация за год	
МосЦГМС	Аналитическая характеристика состояния и загрязнения воздушной среды, природных водных объектов и почв
Мосводоканал	Аналитическая характеристика состояния и загрязнения источников водоснабжения, систем распределения и водоотведения
НИИПИ Генплана	Аналитическая характеристика состояния застройки, а также зон распространения шума и вибрации
Мослесопарк	Аналитическая характеристика состояния растительности
ГП "Экотехпром"	Аналитическая характеристика ситуации с промышленными отходами
ЗАО "Прима"	Аналитическая характеристика ситуации с ТБО
Москомзем	Аналитическая характеристика состояния поверхностного слоя территории города
Геоцентр "Москва"	Аналитическая характеристика режима и загрязнения подземных вод, а также состояния районов проявления суффозионно-диффузионных процессов
МосНПО "Радон"	Аналитическая характеристика размещения и свойств очагов радиоактивного загрязнения, количества и качества вывезенных радиоактивных отходов
МГЦ ГСЭН	Аналитическая характеристика показателей состояния окружающей среды и здоровья населения
Мосгоркомстат	Справка по демографическим показателям

Таблица 2.7

Характеристика выбросов

Суточная информация	
Источники данных	Содержание информации
Москомприрода, Мосводоканал	Сообщения об аварийных выбросах в атмосферу и сбросах сточных вод
Недельная информация	
Москомприрода	Данные о выбросах ТЭС и предприятий
Мосводоканал	Данные о количестве и качестве сточных вод предприятий
Квартальная информация	
Москомприрода	Характеристика выбросов предприятий и ТЭС
Мосводоканал	Характеристика количества и качества сточных вод предприятий
ГАИ	Характеристика результатов проверки состояния автотранспорта
Информация за год	
Москомприрода	Аналитическая характеристика выбросов предприятий и ТЭС
Мосводоканал	Аналитическая характеристика количества и качества сточных вод предприятий
ГАИ	Аналитическая характеристика результатов проверки состояния автотранспорта

Таблица 2.8

Состояние объектов городского хозяйства

Суточная информация	
Источники данных	Содержание информации
Штаб ГОЧС	Сообщение об авариях на объектах энергетики, промышленности, водного и городского хозяйства
Информация за год	
Источники данных	Содержание информации
Москомприрода	Экологические паспорта предприятий

Некоторый скептицизм руководства городов к системам экомониторинга имеет основания.

В большинстве городов мира, где автор знакомился с муниципальными системами экомониторинга, результаты измерения пока не используются в оперативном управлении экологической обстановкой в городе. Исключение составляет Берлин, где при повышении концентрации озона гражданам не рекомендуется пользоваться личным автомобилем.

Как правило, результаты регулярных измерений собираются в многотомные отчеты, где представляются в табличном виде и используются затем для составления годовых отчетов, которые зачастую трудны для

понимания не только начальством, но и специалистами. Тем не менее, практически все крупные города развитых и развивающихся стран имеют автоматические средства контроля качества природных сред. Системы экомониторинга стали частью городского хозяйства, результаты измерения ежедневно публикуются в средствах массовой информации, решая тем самым и важную социальную задачу.

Особенностью системы экомониторинга Москвы является возможность сбора информации по всем средам в одном месте, что позволяет поставить в практической плоскости вопрос о вычислении интегральных оценок качества окружающей среды.

Еженедельные сводки о состоянии окружающей среды готовятся в информационно-аналитическом центре и представляются административным и заинтересованным органам.

Для получения усредненных данных можно обойтись простой и относительно дешевой аппаратурой, например, пробоотборниками для воздуха, воды, почвы и т. п. Однако, в соответствии с нормами ВОЗ, кроме средних данных за некоторый период наблюдений необходимо представлять характеристики разброса данных. Эти характеристики могут быть вычислены только при выполнении частых измерений, например, каждые 3,2 мин., таким образом, возможно получение ежедневных числовых рядов из результатов 480 или 72 измерений и вычисление по ним необходимых характеристик.

Вычисление только средних значений может привести к тому, что аварийные выбросы в атмосферный воздух или сбросы в поверхностные воды не будут обнаружены. Например, средние значения суточного хода уровня загрязнения на рис. 2.9, показанные сплошной и пунктирной линиями, отличаются друг от друга менее чем на 10%, т. е. находятся в пределах точности отдельного измерения, и в то же время пунктирная линия отражает аварийный выброс какого-то источника, не обнаруженный при вычислении средних значений. Обнаружение следов выбросов и сбросов может производиться с помощью специальных методов анализа. Например, можно использовать простой индикатор, предложенный И. П. Беляевым.

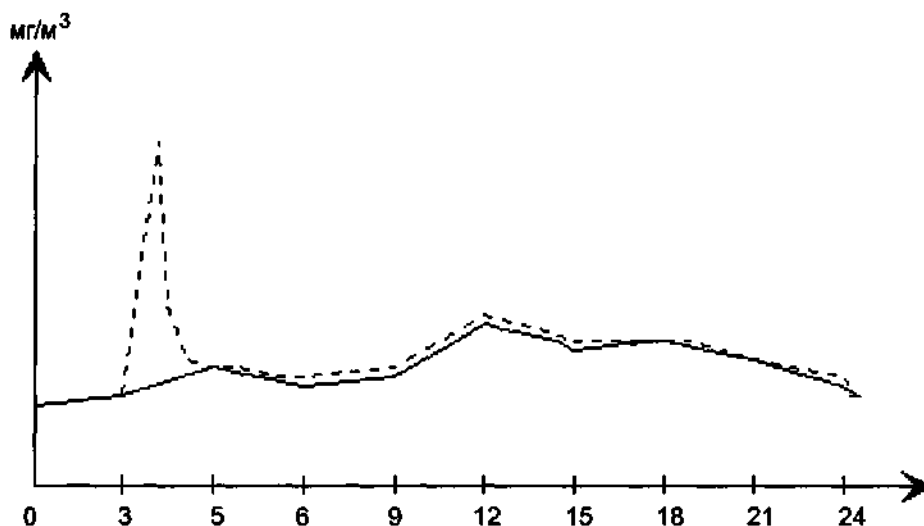


Рис. 2.9

Индикаторная функция имеет вид:

$$I_i = \frac{x(t+1) - x(t)}{x(t)}, \text{ где } x(t), x(t+1) - \text{следующие друг за другом ре-}$$

зультаты измерений содержания загрязняющего вещества. Данная индикаторная функция с учетом времени может рассматриваться как конечно-разностный аналог удельной скорости изменения содержания примеси в воздушной среде. С другой стороны, она легко сопоставляется с ошибкой измерения относительно текущего значения рассматриваемой величины.

Например, для графика уровня загрязнений на рис. 2.9 построенный график индикаторной функции будет иметь амплитуду более 1 и свидетельствовать о выбросе.

Могут быть использованы и другие методы дифференцирования рядов. Для компьютерной автоматической обработки данных полезно ввести пороговые значения индикатора. Исходя из общих соображений точности экологических измерений, изложенных в § 2.2, пороговое значение индикатора должно быть не менее 0,25.

Поставленные задачи позволяют разработать структуру системы.

Москва сосредоточила большие интеллектуальные и технические ресурсы. Десятки лет проводят наблюдения за состоянием природных сред Санэпиднадзор, Гидромет, Мосводоканал, Водгео, Мосгоргеотрест, НИИПИ Генплана и т. д.

Поэтому система экомониторинга г. Москвы должна, во-первых, по единому регламенту регулярно собирать данные экологического характера от упомянутых выше и других важных городских служб. Во-вторых, необходимо технически модернизировать, прежде всего, средства контроля качества атмосферного воздуха и поверхностных вод в черте Москвы по основным параметрам, таким как окислы азота, углерода, серы, озон, пыль, суммарные углеводороды для воздуха и кислотность, ионы металла для воды. Соответственно, в 1992 г. была разработана структура общегородской системы экомониторинга (рис. 2.10).

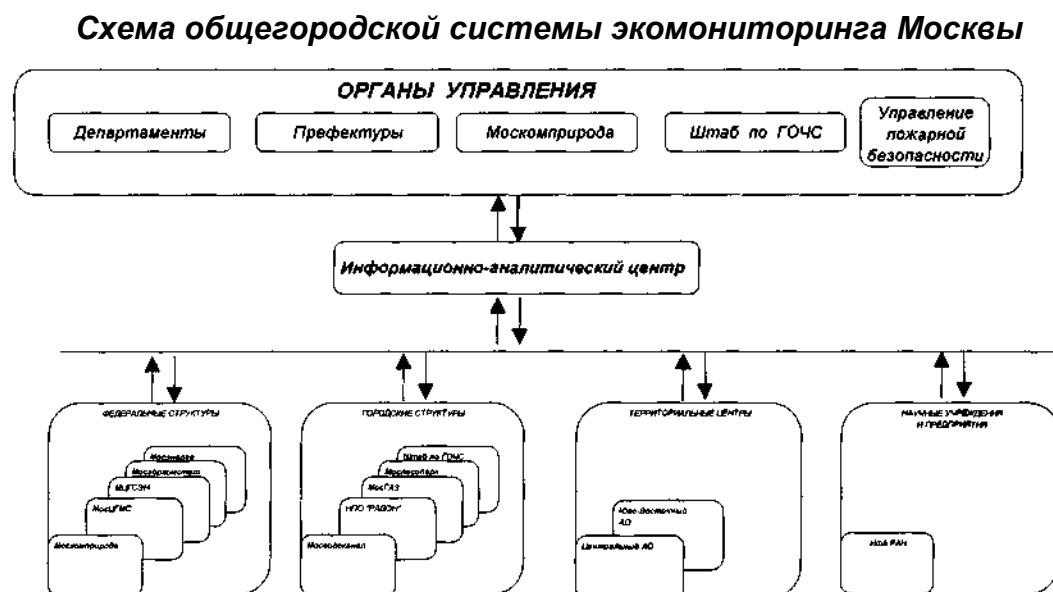


Рис. 2.10

Система мониторинга строится как двухуровневая.

На первом уровне находятся специализированные федеральные, городские и ведомственные подсистемы экологического мониторинга. Собранная ими экологическая информация передается на второй уровень - в общегородской информационно-аналитический центр. После обработки информация о состоянии окружающей среды передается в исполнительные структуры правительства Москвы.

Подсистемы могут содержать как собственные инструментальные средства для измерения экологических параметров, так и программно-аппаратные комплексы (локальные центры) для первичной обработки данных.

Для сбора, хранения, архивации и обработки всей информации о состоянии окружающей среды предназначен информационно-аналитический центр (ИАЦ), создаваемый на базе технических средств локальной вычислительной сети, абонентами которой должны являться все компоненты центра.

Центральный пульт обеспечивает связь по телефонным каналам с различными природоохранными предприятиями, центрами обработки информации сети наземных измерений, хранение и архивацию всей собираемой информации, ведение базы данных наблюдений.

Обмен данными осуществляется по единой информационной сети по телефонным каналам в соответствии с регламентом обмена данными с помощью пультов контроля за ситуацией.

Пульт контроля за ситуацией - это относительно простой программно-аппаратный комплекс, устанавливаемый в информационно-аналитическом центре как в специализированных природоохранных организациях, так и в органах управления города, общественных и других организациях. Он позволяет реализовать санкционированный приоритетный доступ к базам данных информационно-аналитического центра в различных режимах. Общая структура информационного обеспечения системы экомониторинга показана на рис. 2.11.

Схема информационного обеспечения системы экомониторинга

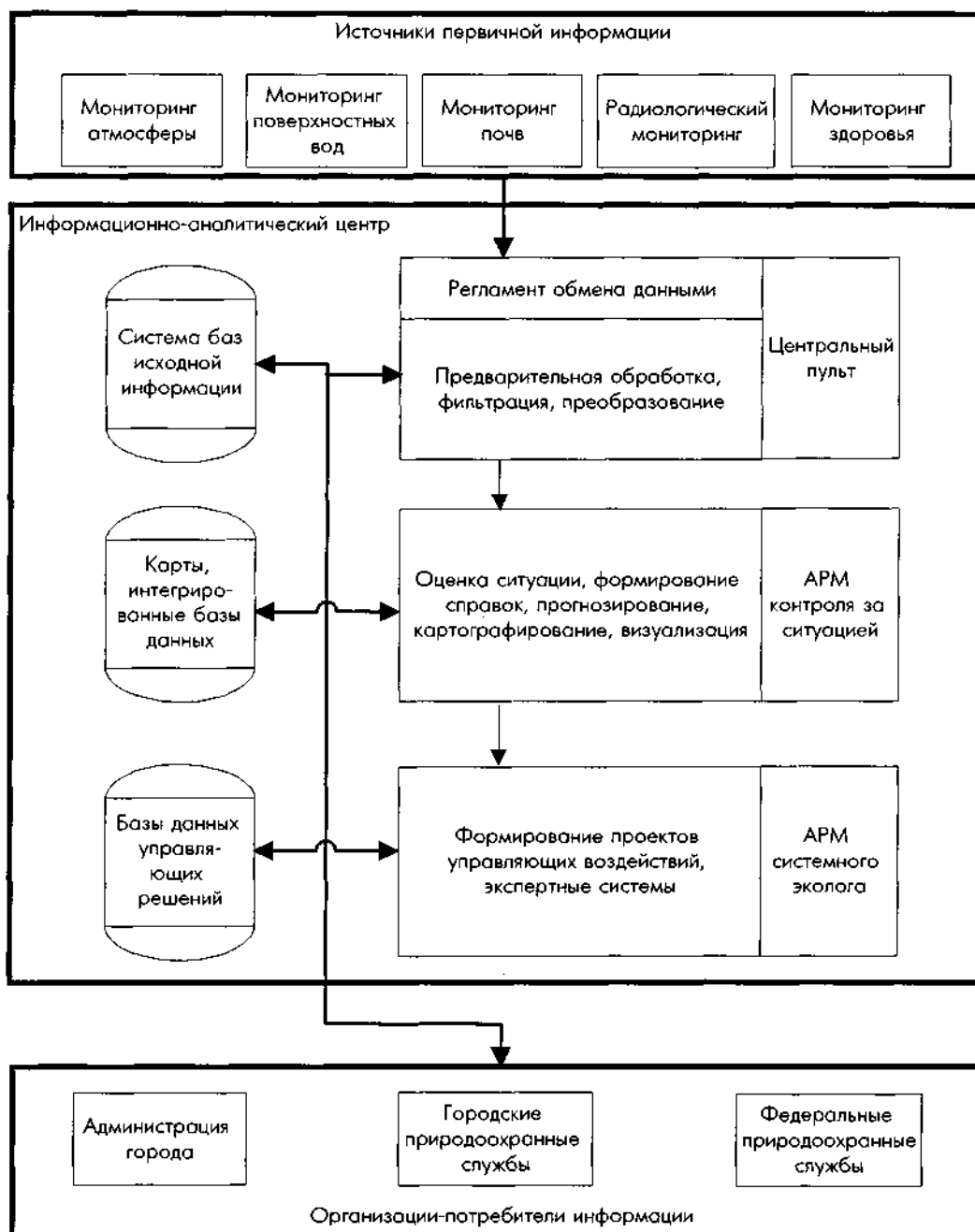


Рис. 2.11

**Схема обеспечения административных органов
данными системы экомониторинга**

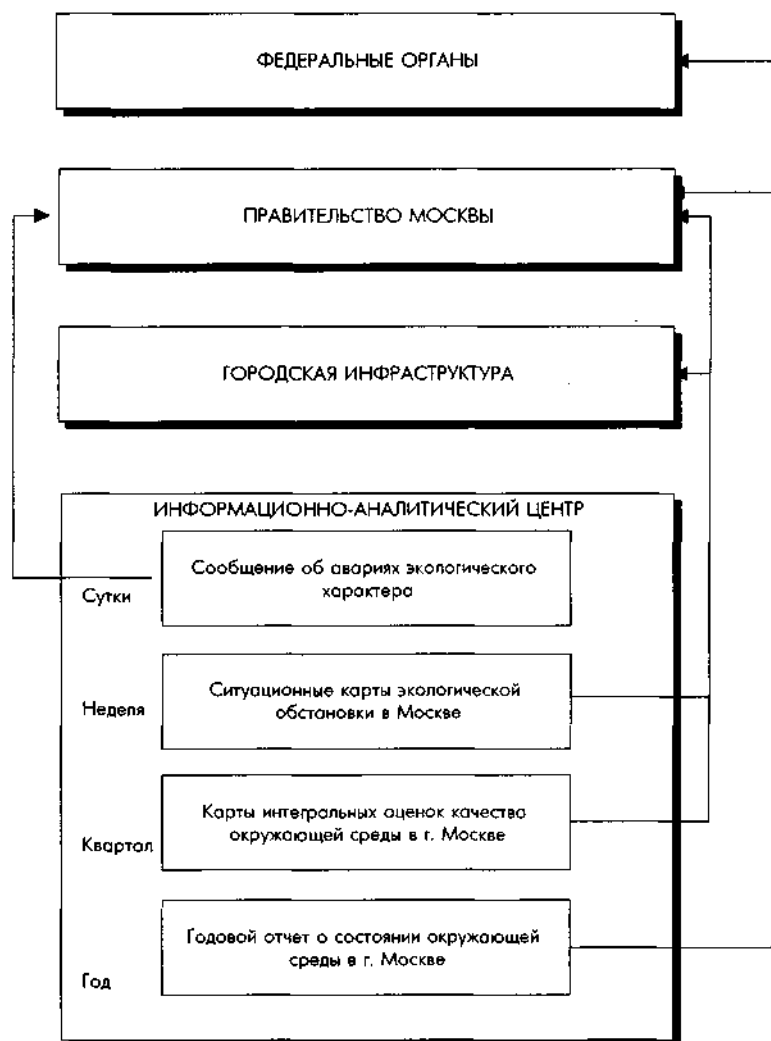


Рис. 2.12

На рис. 2.12 показана схема обеспечения административных органов данными системы экомониторинга. На основе получаемой информации появляется также возможность готовить проекты управляющих решений, прогнозировать их последствия, выявлять закономерности развития экологической ситуации, своевременно обнаруживать негативные тенденции.

Несмотря на многочисленные декларации и эмоциональные заверения о важности экологических проблем, экология до сих пор не является приоритетной задачей в России и Москве. Характерно, что Москва затрачивает средств на строительство и эксплуатацию системы контроля атмосферного воздуха примерно в 2 раза меньше, чем, например, Берлин (в процентах от бюджета), но в несколько раз больше на единицу оборудования. Динамика выделения средств на строительство общегородской системы экомониторинга (в ценах 1995 г. по «Приме-М» выглядит следующим образом: 1990 г. - 1 млрд. 200 млн. руб.; 1991 г. - 2 млрд. 500 млн. руб.; 1992 г. - 73 млн. руб.; 1993 г. - 260 млн. руб.; 1994 г. - 380 млн. руб.; 1995 г. - 380 млн. руб.

Как показывают приведенные цифры, финансирование разработки системы экомониторинга Москвы шло очень нерегулярно.

В соответствии с ним и разрабатывалось аппаратное и программное обеспечение. В 1990 г. было разработано технико-экономическое обоснование системы, опубликованное как монография в 1992 г. В 1991 г. силами НПО «Химавтоматика» был изготовлен опытный образец автоматической станции контроля атмосферного воздуха. Он не прошел испытаний и не получил дальнейшего развития. В 1992 г. ЗАО «Прима-М» осуществлены изготовление, метрологическая аттестация Госстандартом, приемочные испытания и сдача в эксплуатацию головной станции контроля атмосферного воздуха для определения содержания окиси углерода, двуокиси серы, углеводородов, окислов азота, метеопараметров. Также была завершена разработка информационного, программного и методического обеспечения, изготовление технических средств для оснащения автоматических станций.

В 1992 г. ЗАО «Прима-М» разработало и изготовило опытный образец комплекса автоматической аппаратуры для контроля концентрации окислов азота, углерода, серы в выбросах ТЭЦ, а также расчета реального валового выброса и полей концентрации вблизи ТЭЦ. Комплекс испытывался на ТЭЦ № 23. Комплекс не прошел испытания и финансирование было прекращено. В течение первого квартала 1993 г. смонтированы и запущены станции контроля за содержанием в атмосфере таких загрязнителей, как окись углерода, двуокись серы, окислы азота, озон. Станции оснащены метеокомплексом для измерения направления и скорости ветра и системой сбора и передачи данных в центр по каналам телефонной связи. Станции установлены по адресам: Сухаревская пл., Балчуг, Крылатское, Плетешковский пер., Дубовая роща. В 1994 г. станции были выведены из испытаний из-за отсутствия средств на эксплуатацию. В 1993-1994 гг. НПО «Химавтоматика» был разработан и изготовлен головной образец передвижной лаборатории контроля атмосферных загрязнений и промвыбросов. Лаборатория проходила испытания в Москомприроде.

Силами НПО "Химавтоматика" совместно с Академией коммунального хозяйства разработана документация и изготовлены образцы автоматизированного поста контроля сточных и поверхностных вод, обеспечивающего контроль загрязнений более чем по 20 параметрам. На средства МКНТ, начиная с 1990 г., создается лидар кругового обзора, позволяющий проводить дистанционный контроль промвыбросов. Лидар создается под руководством Российского НИИ космического приборостроения. В 1994 г. началась разработка сети сбора и обработки экологической информации г. Москвы. Работа велась в ЗАО «Прима-М» при участии Москомприроды, МосНПО «Радон», Мосводоканала, МосЦГМС. Был разработан и утвержден регламент обмена информацией между участниками сети сбора, разработано соответствующее программное обеспечение. В 1995 г. сеть проходила опытную эксплуатацию, а с октября 1995 г. находится в опытно-промышленной эксплуатации. Сеть собирает еженедельную информацию, готовит еженедельные справки и направляет их по электронной сети участникам обмена, а на бумажном носителе - в правительство Москвы и Москомприроду.

В конце 1995 г. были выделены средства на опытно-промышленную эксплуатацию системы в целом. К этому времени частично вышла из строя, частично морально устарела аппаратура автоматических станций, прежде всего, электронные блоки сбора и обработки информации. Поэтому пришлось провести замену вышедших из строя блоков, по согласованию с Москомприродой изменить географию расположения станций. Теперь они располагаются на Колхозной площади, Балчуге, на Шаболовке, в Плетешковском переулке, на Люблинской улице, в трех микрорайонах Зеленограда.

Станции запущены в опытно-промышленную эксплуатацию в октябре 1995 г. Каждая станция 24 раза в сутки по телефонным каналам передает в «Приму-М» информацию об основных загрязнителях, среднесуточные данные поступают в центр сбора и обработки информации. Одновременно в 1995 г. началась разработка программного комплекса и информационной системы для общегородской системы экомониторинга. Комплекс устанавливается в информационно-аналитическом центре Москомприроды.

Общегородская система экомониторинга может работать только в случае, если в городе будет создано единое информационное пространство, позволяющее природопользователям и природоохранным организациям обмениваться информацией. Обязательным элементом информационного пространства является регламент обмена информацией, один из вариантов которого приведен в табл. 2.6, 2.7.

Экологический мониторинг дает практический эффект только тогда, когда объем получаемой с его помощью информации превышает некоторый минимум, и также если существует исполнительный орган в администрации города, который может принять и использовать информацию.

Для того чтобы получить необходимый минимум экологической информации, нужно сделать заметные материальные вложения. Так, для Москвы расчетное число автоматических постов равно 31. Стоимость одного поста в ценах 1 996 г. составляет 600 млн. руб. Таким образом, капитальные вложения составят около 20 млрд. руб., а эксплуатационные затраты - около 2 млрд. руб. ежегодно только на автоматические посты контроля атмосферного воздуха. Правительство, не вкладывая необходимые средства, получает весьма скудную и недостоверную информацию и, естественно, не может использовать ее в оперативном управлении. Кроме того, основные природопользователи Москвы не заинтересованы в раскрытии всех своих данных для правительства. Средств же для создания независимой полной системы контроля качества всех сред в городах нет. Поэтому практически все города России создают системы мониторинга, объединяя разрозненные средства, понемногу вкладывают деньги, растягивая сроки создания системы и снижая эффективность ее работы. Для преодоления перечисленных объективных противоречий и проблем необходима правильная организация работ, наличие в администрации специального исполнительного органа по управлению качеством окружающей среды, концентрация средств на приоритетных направлениях, таких как создание информационного центра по сбору всей информации, создание системы оперативного контроля качества атмосферного воздуха. Программа развития системы экомониторинга Москвы отражена в Постановлении правительства Москвы № 436 от 22 мая 1995 г. Она содержит мероприятия по подключению к сети обмена данными новых организаций и по дальнейшему техническому совершенствованию измерительных подсистем. Техническое совершенствование предполагает модернизацию аппаратного, математического и программного обеспечения системы. Совершенствование аппаратного обеспечения включает в себя:

- развертывание современного информационно-вычислительного центра;
- организацию автоматических постов контроля качества поверхностных вод Москвы-реки;
- создание системы контроля физических факторов (прежде всего, уровня шума);
- внедрение современных дистанционных средств контроля качества атмосферного воздуха;

- полную автоматизацию существующих постов контроля воздуха, включая автокалибровку и увеличение необслуживаемого срока до 30 суток.

Развитие программного обеспечения предполагает:

- развитие интерполяционных моделей для условий городской застройки. Использование таких моделей позволит рассчитывать поле концентраций загрязняющих веществ между стационарными автоматическими постами;

- внедрение экстраполяционных моделирующих программных комплексов в технологический цикл мониторинга для расчета распространения загрязнений от источников выбросов. Большинство используемых в настоящее время моделей основано на методике ОНД-86, которая не учитывает важных для мегаполисов факторов, таких как микроклимат, застройка. Ряд моделей типа "ЗОНА" [30] обладает большей точностью. Для их внедрения в технологический цикл мониторинга необходима разработка интерфейсных алгоритмов и программ для стыковки их с потоками входных данных, а также для получения приемлемых выходных форм. Областью использования пакетов остается оценка воздействия источников выбросов на окружающую среду;

- внедрение геоинформационных систем (ГИС) в систему экомониторинга. В течение последних двух лет в нескольких природоохранных службах Москвы, а также в ЗАО «Прима-М» проводятся эксперименты по применению ГИС вместо ранее использовавшихся картографических систем. На мировом рынке ГИС появились в конце 70-х гг. Наиболее известные ГИС - Intergraf, АКС/1МРО, MAP Info. В России до настоящего времени собственные ГИС не вышли из стадии НИОКР. Наиболее известные разработаны фирмами «Киберсо», «Трисофт», Институтом географии РАН. Безусловно, отечественные ГИС могут иметь свой рынок, однако для общегородской системы экомониторинга должна быть выбрана ГИС отлаженная, хорошо проверенная на практике. Такой, например, может быть система типа ARC/INFO, известная на мировом рынке с 1982 г., имеющая 25 тыс. пользователей, позволяющая работать с растровыми и векторными форматами карт.

Использование ГИС позволяет: а) создавать привязанные к карте базы данных; б) использовать картографический интерфейс для поиска и выборки объектов и кластеров; в) проводить «оверлейные» операции с получением новых карт. Таким образом, ГИС могут использоваться как для представления экологической информации, так и для ее анализа, получения интегральных характеристик.

Едва ли не самым главным направлением развития мониторинга является совершенствование механизмов управления качеством окру-

жающей среды, создание устойчивой обратной связи, что позволит эффективно использовать данные измерений и анализа.

Общегородская система экомониторинга Москвы частично повторяет действующие в Германии, Японии, США системы экомониторинга. Она уступает им по количеству точек измерения, частоте измерения, надежности аппаратуры.

С другой стороны, московская система построена так, что позволяет собирать в одном вычислительном центре данные от различных организаций, достигая тем самым комплексности данных по всем средам. В целом, система соответствует сегодняшнему реальному уровню природоохранной деятельности в Москве, но не отвечает современным требованиям к системам экомониторинга мегаполисов развитых стран. Проблемы развития системы лежат не в области техники, а в области финансов и организации природоохранной деятельности по Москве.

Экология и городское хозяйство

3.1. Система управления городскими отходами

3.1.1. Общие положения

«Я знаю Москву чуть не с пеленок; всегда там воняло... На Тверской, например, существовало множество крохотных калачных, из которых с утра до ночи валил хлебный пар, множество полпивных («полпиво» - кто нынче помнит об этом прекрасном, легком напитке?), из которых сидельцы с чистым сердцем выплескивали на тротуар всякого рода остатки... Воняло от гостиниц Шевалдышева, Шора, а пониже от гостиниц «Париж» и «Рим». В этих приютах останавливались по большей части иногородние купцы, приезжавшие в Москву по делам со своей квашеной капустой, с соленой рыбой, огурцами и прочей соленой и копченой снедью, ничего не требуя от гостиницы, кроме самовара и ни за что не платя, кроме как за «тепло». И так как в то время о ватерклозетах и в помышлениях ни у кого не было, то понятно, что весь этот упитанный капустой люд оставлял свой след понемногу везде». (М. Е. Салтыков-Щедрин. «За рубежом»).

Все большие города мира построены на свалках. Отходами быта и производства заваливались ближайшие овраги, а по мере роста городов строительство начиналось на этих территориях. Неконтролируемый вывоз отходов приводил и приводит к загрязнению подземных и поверхностных вод, повышенному содержанию в воздухе метана, других продуктов гниения, размножению крыс, тараканов, распространению инфекционных болезней. Перенаселенная Западная Европа, потеряв значительную часть своих жителей от «болезней грязных рук», раньше России начала решать проблемы санитарной очистки городов от отходов, проблемы их складирования и переработки. Было бы неверным утверждать, что в XX в. обострилась только проблема отходов в городах. Более правильно говорить о всех проблемах, возникших в связи с быстрой урбанизацией в XX в. Сейчас на человека приходится от 0,5 кг в развивающихся и до 2 кг отходов в развитых странах в день. Учитывая, что темпы роста населения городов в развивающихся странах составляет 5% в год, а в Западной Европе города практически слились с селами, проблемы урбанизации, в том числе и проблемы отходов, будут обостряться и в будущем.

Городские власти вынуждены создавать системы управления отходами для того, чтобы, во-первых, держать город в чистоте, во-вторых, чтобы избежать неконтролируемого распространения отходов по городу и пригородам, или, как говорят, неконтролируемой эмиссии отходов в окружающую среду. Причем системы эти создаются и работают в условиях вечной нехватки денег. Несмотря на то, что еще древнеримский император Веспасиан ввел в Риме налог на отхожие места, население городов непосредственно оплачивает не более 10% расходов, связанных с развитием и эксплуатацией системы управления отходами. Остальные деньги берутся из других источников муниципальных доходов. Система управления отходами состоит из трех частей: системы сбора отходов, системы транспортировки отходов и системы переработки отходов. Система сбора отходов предполагает наличие мест сбора бытовых отходов. В России это, как правило, контейнерные площадки с контейнерами 0,75 и 0,8 куб. м, мусоропроводы для многоквартирных домов. В странах Западной Европы активно внедряется система раздельного сбора отходов, при которой само население сортирует отходы и в отдельные контейнеры собирает бутылки, бумагу и остальные отходы. Отходы могут собираться и в мешки из специального пластика, который разрушается через полгода, не загрязняя окружающую среду. Собранные таким образом отходы вывозятся к местам переработки и захоронения. Транспортировка осуществляется с помощью специально оборудованных автомобилей-мусоровозов.

Свалки, или, как их называют специалисты, полигоны, находятся обычно далеко за городом (в Москве за 60-70 км). Везти туда отходы небольшими грузовиками экономически нецелесообразно, поэтому во многих городах, в том числе и в Москве, строятся так называемые мусороперегрузочные станции, где отходы уплотняются и перезагружаются в большой мусоровоз, которому трудно двигаться по узким городским улицам, но использование которого на загородных перевозках экономит топливо и материальную часть. Наконец, система переработки отходов состоит из сооружений, в которых отходы либо хранятся, либо перерабатываются с целью их нейтрализации, уменьшения занимаемого ими объема. Большая часть отходов в Европе, Америке и России вывозится на полигоны. Часть отходов сжигается, органические отходы могут перерабатываться в т. н. компост, либо используются как вторичное сырье. При создании и эксплуатации системы управления отходами приходится решать три проблемы: организационные, технические и финансовые. Первый этап реализации системы предполагает разработку концепции управления отходами, называемой чаще схемой санитарной очистки от бытовых и промышленных отходов. Схема содержит 4 части:

- критический анализ существующего положения с управлением отходами;

- разработку организационных мероприятий;
- разработку технических мероприятий;
- разработку схемы финансирования создания и эксплуатации системы управления отходами.

В первой части схемы уточняется морфологический состав отходов различных групп для города или региона, проводится анализ сложившейся в городе системы управления отходами, определяются ее достоинства и недостатки, выявляются источники финансирования, правовая основа функционирования системы.

Так, например, для Москвы 1994 г. структура отходов показана на рис. 3.1. В 1996 г. количество промышленных отходов уменьшилось почти вдвое, несколько увеличилось количество бытовых отходов. Наибольшую проблему для городских властей представляют бытовые отходы, потому что они образуются всюду по городу.

Морфологический состав и объемы накопления бытовых отходов в Москве несколько отличаются от общепринятых для средней полосы России.

Так, в Москве утвержденная норма накопления бытовых отходов на 1 человека в год в настоящее время составляет 1 куб. м или 250 кг, а морфологический состав выглядит следующим образом:

- бумага, картон - 38,2%;
- пищевые отходы - 28,6%;
- дерево, листья - 9,1%;
- текстиль - 7,0%;
- кожа, резина - 4,9%;
- полимерные материалы - 4,4%;
- кости - 3,2%;
- черный металл - 1,8%;
- цветной металл - 1,0%;
- стекло - 0,6%;
- керамика, камни - 0,5%;
- отсев (менее 15 мм) - 7%.

Структура отходов г. Москвы (14,5 млн. т/год)

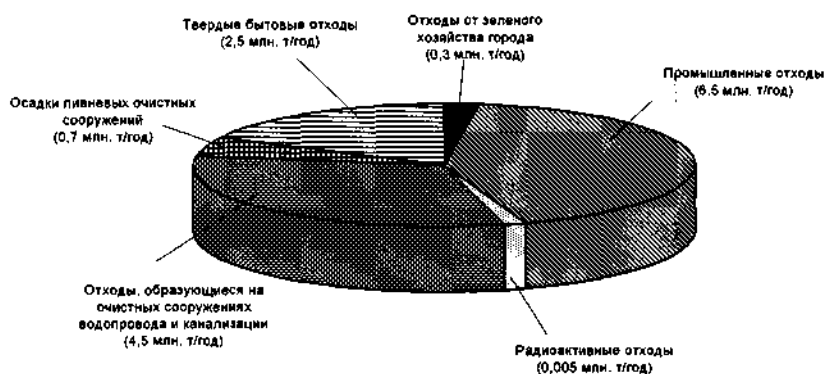


Рис. 3. 7

Водопроводные, канализационные отходы образуются на городских станциях аэрации. Их в Москве три - Курьяновская (самая мощная в Европе), Люберецкая и Зеленоградская.

В настоящее время принято решение о строительстве станции в Бутово и на севере Москвы. На станциях аэрации Москвы ежегодно образуется более 10 млн. куб. м осадков влажностью 97%. Канализационные отходы состоят из отработанного биологически активного ила, а также из песка, частиц текстиля, бумаги и т. п. Отработанный ил мог бы использоваться как удобрение в зеленом хозяйстве, однако он содержит недопустимое количество солей тяжелых металлов, поэтому он складывается на т. н. полях аэрации, где уже находятся десятки миллионов кубометров ранее вывезенного осадка. Хранение осадка представляет опасность для подземных вод и почвы.

Осадки ливневых сточных вод представляют экологическую опасность, прежде всего, из-за содержания в них взвешенных веществ, нефтепродуктов, хлоридов. Они загрязняют 70 малых рек на территории Москвы.

Отходы зеленого хозяйства - это листья и сучья, образующиеся естественным путем и в результате обрезки. Практически они безвредны для окружающей среды и обычно складываются. В Западной Европе они зачастую измельчаются и используются для приготовления компоста. Радиоактивные отходы, образующиеся на 688 объектах Москвы, являются потенциальными источниками радиоактивного заражения. Как правило, это отработавшие радиоактивные источники приборов, медицинских установок, научного оборудования. Кроме того, в Москве, по оценкам МосНПО "Радон", находится около 1 млн. т слаборадиоактивного грунта, подлежащего вывозу. Он образовался в предвоенные и послевоенные годы в результате деятельности предприятий оборонного комплекса России.

Редко принимается в расчет, но является чрезвычайно важным для жизни города такой источник образования отходов, как подлежащие рекультивации свалки. В Москве в 1997 г. зарегистрировано 88 свалок общей площадью около 387,73 га. Это, как правило, старые стихийные свалки, которые до сих пор выделяют метан, содержат соли тяжелых металлов, имеют радиоактивные элементы, отравляют подземные воды, почву, атмосферный воздух.

В целом Москва по нормам образования различных видов отходов не отличается от мегаполисов Западной Европы, несколько отставая от них по количеству бытовых отходов на душу населения. Проблема управления отходами в России по сравнению с Западной Европой усложняется более суровым климатом, а в Московском регионе еще и очень высокой плотностью населения - более 3 тыс. человек на 1 кв. км.

Во второй части схемы санитарной очистки вначале проводится анализ применяемых в городе нормативно-правовых документов и определяются направления и размеры их корректировки для учета конкретных экономических условий данного города. Разрабатывается схема документооборота системы управления отходами.

Затем, в этой же части разрабатывается организация работы системы управления. Прежде всего, для системы в целом и для каждого ее звена определяется степень централизованного управления. Затем определяются функции каждой организации в системе управления отходами, ее место и подчиненность, разрабатывается регламент обмена данными между организациями системы управления.

В начале 90-х гг. в Москве была неудачно проведена децентрализация системы вывоза, которая привела к появлению 33 приватизированных (бывших районных) автодормехбаз, имевших полную автономию на обслуживаемой территории. Это привело к потере контроля над процессом вывоза отходов и резкому ухудшению санитарного состояния города.

С 1993 г. были предприняты меры по реальной демонополизации и была создана система, показанная на рис. 3.2. Заказчиком на вывоз отходов с территории является терруправление, все расчеты с третьими лицами оно производит через Дирекцию единого заказчика. Мусоровозная техника передается организациям в лизинг через ГП «Доринвест». Эксплуатация средств переработки отходов осуществляется ГП «Экотехпром».



Рис. 3.2

Третья часть схемы санитарной очистки посвящена техническим аспектам создания системы управления отходами. Это анализ и сравнение технологий сбора, транспортировки и переработки отходов по экономическим и экологическим критериям, в результате которого выбираются наиболее подходящие для города технологии. Кроме того, в этой же части проводится выбор мест расположения объектов санитарной очистки города, маршрутов движения транспорта, временные характеристики его работы. По результатам второй и третьей части схемы разрабатывается примерная смета расходов и план мероприятий по реализации системы управления отходами.

На рис. 3.3 и 3.4 показаны существующие и перспективные схемы сбора и переработки ТБО в Москве, разработанные специалистами ГП «Экотехпром» и ЗАО «Прима-М».

**Существующая схема
сбора и обезвреживания ТБО в Москве**

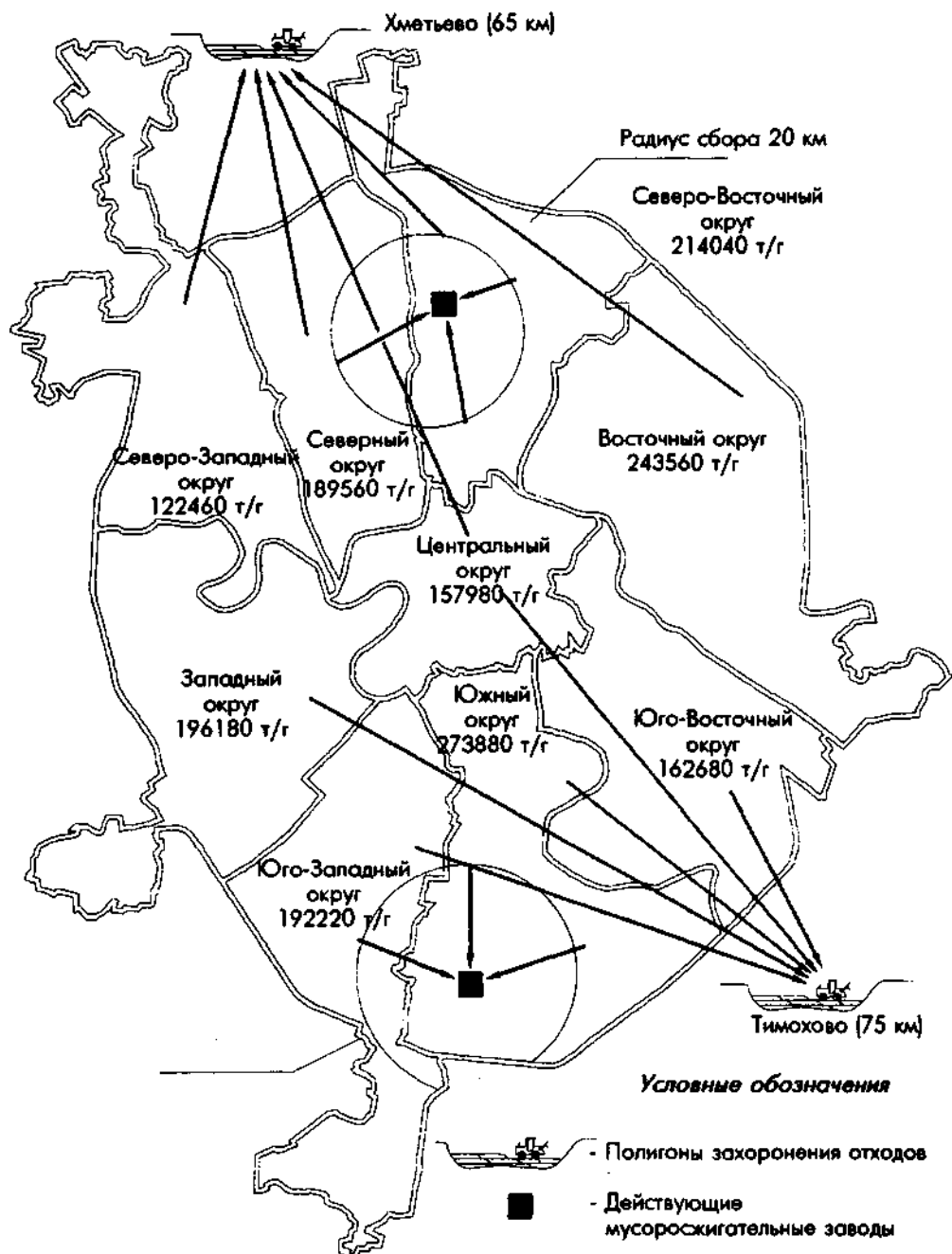


Рис. 3.3

Перспективная схема сбора и обезвреживания ТБО в Москве

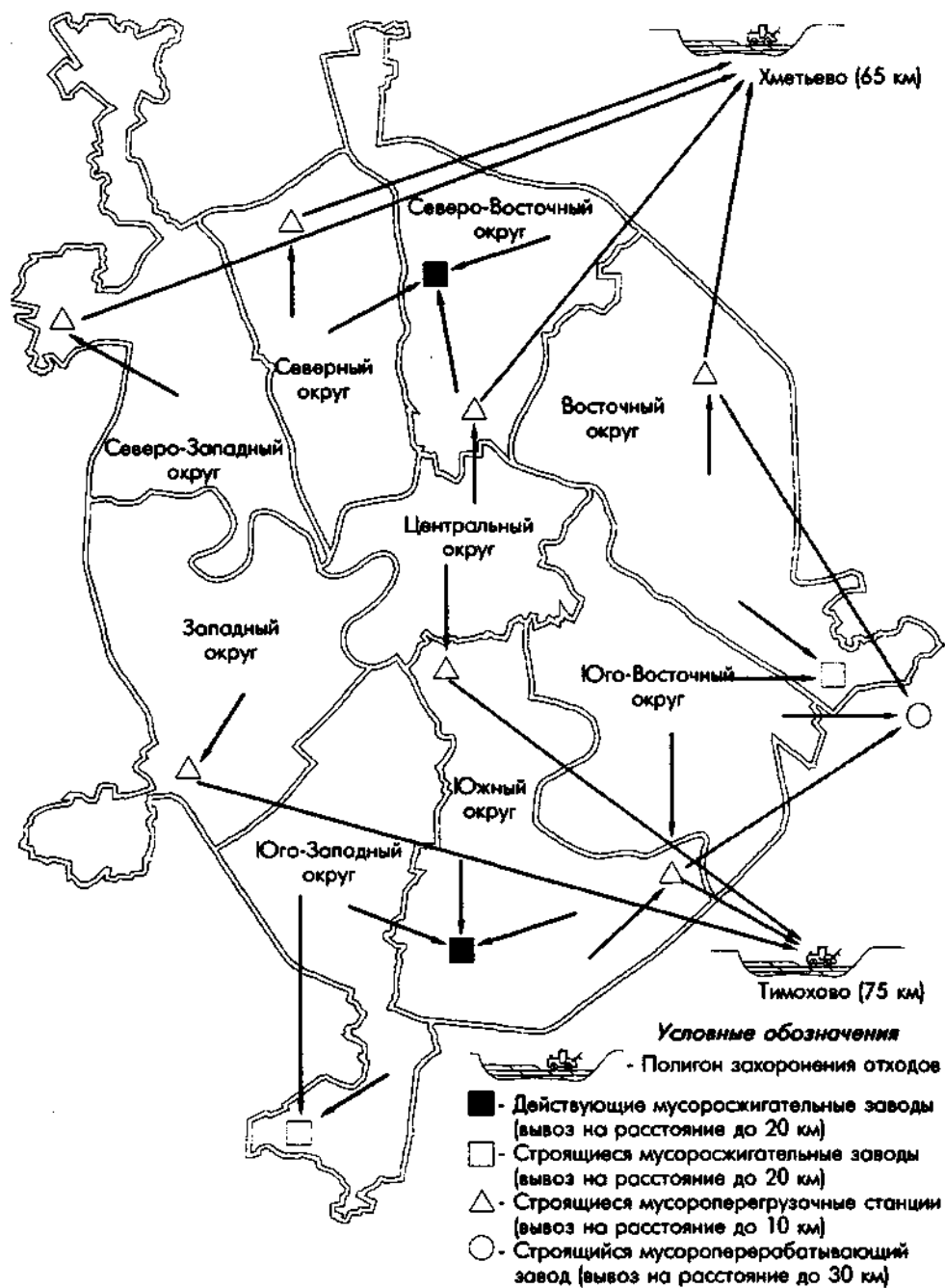


Рис. 3.4

Наконец, в последней части схемы рассматриваются возможности финансирования системы.

Современные эффективные методы санитарной очистки, такие как применение современных мусоровозов, строительство мусороперегрузочных станций, оснащение заводов высокоэффективными системами сжигания и газоочистки, требуют значительных материальных затрат.

В то же время ни один город России не имеет сбалансированного бюджета в части управления отходами. Отсутствуют финансовые средства для капиталовложений, необходимы дотации из городского бюджета в бюджет отдельных предприятий, занимающихся сбором и переработкой отходов. Финансирование системы санитарной очистки осуществляется из нескольких источников:

- городской бюджет;
- финансирование за счет пользователя;
- коммерческие кредиты банков;
- межгосударственные кредиты.

В последней части схемы санитарной очистки анализируются возможности каждого из перечисленных источников финансирования, выбираются наиболее приоритетные. Здесь же определяется тарифная политика городских властей, направление развития рыночного механизма в городе. Схема санитарной очистки не может быть разработана раз и навсегда для всей России. Она разрабатывается и уточняется в среднем 1 раз в 5 лет для каждого города или региона России с учетом его географического положения, экономического и социального состояния.

Разработанная схема должна пройти рецензирование. В частности, схема санитарной очистки Москвы рассматривалась институтами Европейского агентства охраны окружающей среды.

Схема утверждается правительством региона или администрацией города, и начинается ее реализация в соответствии с разработанным планом.

Например, как указано в справках «Экотехпрома», в Москве в ходе реализации работ 1-го этапа начато строительство мусоросжигательного завода производительностью 250 тыс. т твердых бытовых отходов в год в Восточном административном округе и реконструкция завода № 2 в Северо-Восточном административном округе, закуплено оборудование мусоросжигательного завода для строительства в Южном административном округе. Параллельно ведутся работы по реконструкции на действующих заводах оборудования для очистки дымовых газов. Начато проектирование мусоропрессовочных и мусороперегрузочных станций в Север-

ной, Западной, Восточной, Северо-Восточной и Южной префектурах. Начато строительство мусороперерабатывающего завода на территории Московской области производительностью 250 тыс. т твердых бытовых отходов в год.

Выполняется также работа по рекультивации с выполнением комплекса природоохранных мероприятий, на двух действующих полигонах организована специальная система мониторинга. Существенные изменения наметились в техническом обеспечении системы сбора и транспортировки твердых бытовых отходов мусоровозной техникой и контейнерами. Всего в городе задействовано около 80 тыс. контейнеров для сбора твердых бытовых отходов и более 800 единиц мусоровозного транспорта. Используются два типа контейнеров емкостью 0,8 куб. м для бытового мусора и емкостью 3-6 куб. м - для крупногабаритных отходов. Пластмассовые контейнеры пока не нашли применения из-за возгораемости. Мусоровозный парк до последнего времени был представлен двумя основными типами мусоровозов: большегрузных с задней загрузкой и малотоннажных с боковой загрузкой. Следует заметить, что применение мусороперегрузочных станций определяет также тенденцию на модернизацию парка мусоровозов. Малотоннажные машины грузоподъемностью около 3 т эффективны только на коротком (до 10 км) плече. Для вывоза на полигон мусора, уплотненного на мусороперегрузочных станциях, должны применяться только большегрузные (от 10 т) мусоровозы.

Реализация намеченных проектов строительства мусороперегрузочных станций позволит на 50% сократить потребность в мусоровозах.

Планируется также осуществить массовое строительство крытых контейнерных площадок при домовладениях, что очень важно в наших климатических условиях. Это значительно снизит влажность твердых бытовых отходов, уменьшит, таким образом, их общий объем и более чем в два раза повысит теплотворную способность (с 1300 до 2500 ккал/кг). В заключение приведем табл. 3.1, в которой показаны некоторые сравнительные характеристики системы сбора, транспортировки и переработки ТБО ряда городов мира.

Таблица 3.1

		Москва	Сеул	Шанхай	Стамбул	Будапешт
1.	Население, млн. чел.	8,67	10,595	14	11	2
2.	Количество образующихся ТБО, млн. /год	2,5	5,147	3,6	2,5	1,250
3.	Сжигаемые отходы, %	6	0,7	0	0	50
4.	Отходы, отвозимые на полигон, %	90	70	100	100	50
5.	Рециклируемые отходы, %	0	29,3	0	0	0
6.	Количество полигонов ТБО	3	1	3	2	4
7.	Количество работающих МСЗ* (строящихся)	1 (3)	2(2)	(5)	медиц. отх.	1
8.	Окупаемость за счет сборов с населения, %	1,5	32,2	-	-	1 00 (экспл.)
9.	Выплаты из семейного бюджета на уборку мусора, %	0,4	0,12		1,2	1,3
10.	Стоимость сбора, транспортировки, захоронения 1 т ТБО, \$	25	125		10	5,5
11.	Выплаты из городского бюджета на санитарную очистку от ТБО, %	0,85	11,5			3
12.	Количество заводов по компостированию (строящихся)	(1)	0		(1)	0
13.	Количество МПС** (строящихся)	3(3)	0	-	6	0

Примечание: МСЗ* - мусоросжигательные заводы; МПС** - мусороперегрузочные станции.

3.1.2. Технологии сбора, транспортировки и переработки бытовых отходов

Этот параграф написан по материалам научно-технического отчета ЗАО «Прима-М», подготовленного П. В. Молодовым и по данным Л. Г. Федорова (ГП «Экотехпром»). Сбор и транспортировка отходов в настоящее время в г. Москве осуществляется по планово-регулярной системе, при которой отходы удаляются с соблюдением установочных режимов и правил:

- удаление отходов производится с установленной периодичностью;
- ТБО вывозятся из всех домовладений независимо от их ведомственной подчиненности;
- вывоз ТБО производится специальным мусоровозным транспортом по маршрутным графикам. Устанавливаются следующие сроки удаления отходов: с территорий домовладений - один раз в сутки; с территорий домовладений в пределах Садового кольца и выездных магистралей - два раза в сутки.

Сбор и вывоз ТБО производится по технологии несменяемых контейнеров. Для этой технологии используются кузовные мусоровозы с уплотняющим устройством, которые объезжают домовладения и механизированно загружают отходы из контейнеров.

Данная система в настоящее время является наиболее производительной из всех существующих. Недостаток данной системы - сложность санитарной обработки контейнеров, а также ручная загрузка отходов из мусорокамер в контейнер.

Объем и число контейнеров определяется из нормы (объемной и массовой) накопления отходов, численности людей и сроком хранения ТБО. Расчетный объем любого контейнера должен соответствовать фактическому накоплению отходов при заполнении отходами на 0,9 их полезного объема.

Контейнеры устанавливаются на открытых площадках, ограждаемых зелеными насаждениями, и удалены от жилых домов, детских учреждений, спортивных площадок и от мест населения на расстояние не менее 20, но не более 100 м. Размер площадок рассчитан на установку нужного числа контейнеров (не более 5).

В настоящее время транспортировка ТБО в Москве производится прямым автовывозом с применением технологии сбора и удаления ТБО с системой несменяемых контейнеров.

Дальность транспортировки зависит от места расположения объекта переработки ТБО.

В последние годы в Москве значительно увеличился и парк мусоровозов, в том числе и за счет современных большегрузных мусоровозов ФАУН, закупленных в Германии. На рынке вывоза ТБО за счет проводимой технической и тарифной политики возникла конкуренция, что положительно отразилось на режиме вывоза мусора от домовладений.

Большой эффект по дальнейшему улучшению ситуации с вывозом ТБО дает внедрение двухстадийного вывоза отходов за счет ввода в эксплуатацию мусороперегрузочных станций.

По этому методу в городе размещаются мусороперегрузочные станции, на которые привозят в небольших мусоровозах, удобных для внутригородских перевозок, бытовые отходы. На станции отходы дополнительно прессуются и перегружаются в большие мусоровозы, имеющие полезный объем кузова около 50 куб. м, способные перевозить не менее 25 т отходов. Отходы могут прессоваться в самом мусоровозе или на станции в специальные брикеты.

По технологическому принципу методы переработки ТБО делятся на:

- биологические,
- химические,
- термические,
- механические,
- смешанные.

Наибольшее распространение в мире получили методы складирования (механические), сжигания (термические) и компостирование.

Как уже отмечалось, напряженное положение с переработкой бытовых отходов в городах сложилось из-за быстрого роста городов и, следовательно, увеличения объемов и протяженности транспортировки отходов. Проще говоря, убирать отходы стало очень дорого. Поэтому интенсивно идет поиск эффективных технологий методов переработки отходов.

В мире отмечают следующие тенденции:

- преселективный сбор ТБО с обязательным разделением органической и минеральной частей и выделением из мусора черных и цветных металлов, пластмассы, стекла, бумаги, пищевых отходов и т. д.;
- извлечение и переработка ценных компонентов ТБО во вторичное сырье;

- расширение рынка сбыта для переработанной продукции;
- усиление законодательных мер по воздействию на рыночные силы, направленные на стимулирование отраслей по переработке вторичных продуктов, извлеченных из ТБО;
- введение экологического налога на продукцию, использующую или упакованную в материалы, которые не могут быть в дальнейшем переработаны.

Прогнозы показывают, что при довольно высоких темпах прироста мощностей промышленных установок по переработке и обезвреживанию ТБО, количество складироваемых отходов к 2010 г. тем не менее составит около 65%.

Тенденция развития полигоностроения идет в основном за счет увеличения удельной нагрузки на единицу площади полигона, которая позволит максимально использовать участки, отведенные под складирование ТБО. Увеличение удельной нагрузки достигается путем увеличения степени уплотнения складироваемых ТБО и увеличения высоты складирования. Практика показывает, что современные катки-уплотнители позволяют уплотнить ТБО на полигонах до 0,8 т/м³. Высота складироваемых ТБО на ряде зарубежных полигонов достигает 60 м. Использование этих методов позволяет увеличить в 5-6 раз емкость полигонов.

Главным принципом, положенным в основу проектирования полигонов для складирования ТБО, является охрана окружающей среды: атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод.

Охрана атмосферы на отечественных и зарубежных полигонах обеспечивается за счет регулярной наружной изоляции уплотненного слоя ТБО грунтом 15-25 см, строительными (или инертными) и промышленными отходами. Наружный изолирующий слой исключает возможность возникновения пожаров. Охрана почвы прилегающих к полигонам участков от загрязнений достигается установкой сетчатых ограждений высотой 3-4 м вокруг площадки разгрузки мусоровозов. Сетчатые ограждения задерживают разносимые ветром легкие фракции ТБО (пленка, бумага).

- Наружная изоляция ТБО на ряде полигонов, их дробление, уплотнение тяжелыми катками до 0,8 т/м создают мощную преграду для мух и грызунов.

На рис. 3.5 показано устройство современных полигонов.

Устройство современных полигонов

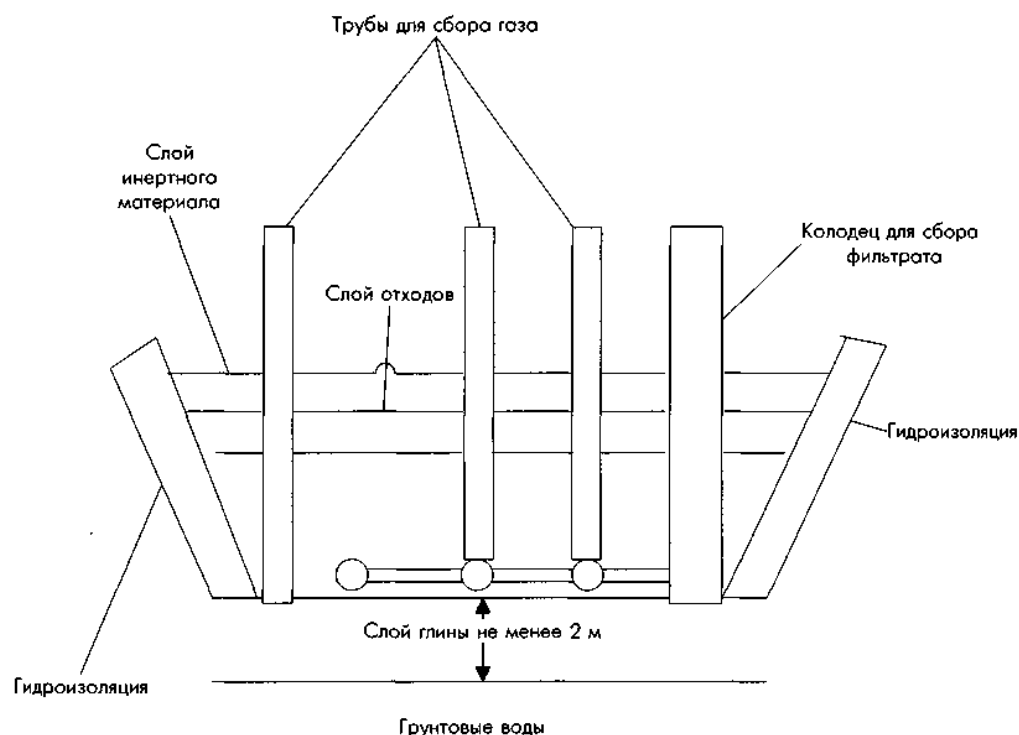


Рис. 3.5

На участках с ярко выраженным рельефом (крутые откосы, овраги) применяется наклонная схема складирования отходов. При применении этой схемы наибольшее внимание уделяется обеспечению устойчивости массы складироваемых отходов. Ливневые и талые воды с вышерасположенных земельных массивов перехватываются нагорной канавой и отводятся за пределы полигона. Предусматриваются специальные конструктивные решения по увеличению сцепления складироваемого материала с естественным основанием.

Из толщи твердых бытовых отходов выделяется фильтрат, содержащий компоненты распада органических и минеральных веществ, который загрязняет грунты и подземные воды. Исследования показывают, что сроки выхода фильтрата в зависимости от гидрологии участка, могут колебаться от 1 года до 25 лет после захоронения отходов на свалках. Фильтрат представляет собой сложную гетерогенную систему, загрязненную веществами, которые находятся в растворенном, коллоидном и нерастворенном состояниях. В нем всегда присутствуют как органические, так и неорганические компоненты загрязнителей. Органические вещества в фильтрате

находятся в виде белков, углеводов, жиров, кислот, спиртов и т. д. Из неорганических компонентов в фильтрате присутствуют ионы железа, калия, натрия, кальция, магния, бария, хлора, карбонатов, сульфатов.

В мировой практике применяется полимерный материал в качестве изоляции в гидротехнических сооружениях. Однако пленка в качестве защитного экрана против воздействия фильтрата из ТБО не применялась, т. к. условия работы ее в гидротехнических сооружениях существенно отличаются от условий работы в основании полигона. Нагрузки ($2,5 \text{ кг/см}^2$) в основании полигона могут вызвать просадку грунтов и разрушающие деформации в пленочных полотнищах, т. к. сама пленка благодаря незначительной толщине не участвует в статической работе сооружения, а как бы «приспосабливается» к условиям его работы.

Основная проблема захоронения ТБО заключается в следующем: во-первых, полигоны требуют отведения значительных площадей и во-вторых, при удалении отходов происходит безвозвратная потеря содержащихся в них полезных компонентов.

Термические методы переработки и утилизации ТБО можно подразделить на три способа:

- слоевое сжигание исходных неподготовленных отходов в топках мусоросжигательных котлоагрегатов;
- слоевое или камерное сжигание специально подготовленных отходов (освобожденных от балластных составляющих и имеющих постоянный фракционный состав) в топках энергетических котлов или цементных печах;
- пиролиз отходов, прошедших предварительную подготовку или без нее.

Все термические методы переработки и утилизации отходов помимо их обезвреживания направлены на получение энергии, а также твердого, жидкого или газообразного топлива при пиролизе.

Метод слоевого сжигания исходных отходов является наиболее распространенным и изученным. При этом методе возможно получение электрической энергии, сокращение до минимума расстояния между местом сбора отходов и мусоросжигательным заводом (МСЗ), значительная экономия земельных площадей, отводимых под полигоны. Однако наряду с этими положительными явлениями, сжигание отходов сопровождается выделением твердых и газообразных загрязнителей, в связи с чем все современные МСЗ оборудованы высокоэффективными газоочистными устройствами, стоимость которых составляет до 50% от общих капиталовложений на строительство МСЗ. В СССР было построе-

но 10 МСЗ (2 в Москве, по одному во Владимире, Владивостоке, Сочи, Севастополе, Харькове, Мурманске, Пятигорске, Киеве).

МСЗ может быть подразделен на следующие основные цеха и узлы. Приемное отделение, оснащенное мостовым краном с грейферным ковшом, постами для разгрузки мусоровозов и приемным бункером, обеспечивающим 2, 3-суточный (по производительности завода) запас завозимых отходов. Котлоагрегат с топкой, парогенератором, механизмами подачи отходов в топку и шлакоудаление, тягодутьевыми устройствами. Система газоочистки с электрофильтром, дымососом и дымовой трубой.

Выбору того или иного метода обезвреживания и переработки ТБО должно предшествовать детальное и беспристрастное технико-экономическое обоснование, тем более, что строительство заводов требует больших капитальных вложений. В качестве сравнения следует отметить, что сооружение современных ТЭЦ (котельных) равноценной мощности (производимой энергии) обходится в 8-10 раз дешевле.

В мировой практике энергия от сжигания отходов используется для холодильных установок, кондиционирования воздуха, сушки осадка сточных вод, опреснения морской воды и других целей.

Интересен в этом отношении опыт Японии, где доля сжигаемых отходов превысила 70% от общего количества отходов, накапливаемых в городах. Так, в г. Саппоро, насчитывающем 1,5 млн. жителей, построено 3 МСЗ, на которых сжигается 78% всех собираемых в городе отходов. Первый МСЗ был оснащен паровой турбиной мощностью 1400 кВт с противодавлением, пар которой используется для отопления жилого массива (6200 квартир). На третьем МСЗ установлена конденсационная паровая турбина с регулируемым отбором пара и генератором мощностью 480 кВт. На втором и третьем заводах почти весь пар поступает в турбину, которая имеет регулируемый отбор с давлением пара 0,5 МПа. Пар, проходящий через турбину, поступает в конденсатор.

По прогнозам специалистов слоевое или камерное сжигание специально подготовленных отходов в топках экспериментальных котлоагрегатов или цементных печах в ближайшее десятилетие получит широкое применение. В США и Великобритании проводятся работы по выработке из отходов топлива «Refuse Derived Fuel» (РДФ), которое может длительное время храниться и транспортироваться на относительно большие расстояния.

В технологическом процессе получения РДФ на первом этапе осуществляется дробление отходов с последующей сепарацией черных металлов. Некоторые системы ограничиваются этими двумя операциями. В

таким случае РДФ содержит значительный процент балластных фракций и его складирование и транспортировка не оправданы.

Однако, как правило, при изготовлении РДФ не ограничиваются измельчением и сепарацией, а применяют механизмы (различные сита, воздушные, баллистические и другие виды сепараторов) и уплотнительные агрегаты, позволяющие гранулировать и брикетировать. Полученное таким образом топливо можно складировать и транспортировать.

РДФ можно использовать в качестве основного или дополнительного топлива, тогда во втором случае в камеру сгорания оно может подаваться вместе с основным топливом (углем). Измельченное и прошедшее воздушную сепарацию РДФ по виду напоминает мягкое конфетти. Многие котельные установки нуждаются лишь в небольшой модернизации для удаления шлака и летучей золы. При проектировании совместного сжигания необходимо учитывать свойства топлива: теплоту сгорания, элементный состав, состав золы и шлака и температуру их плавления. Величины, характеризующие РДФ, разнообразны, но аналитические данные при проверке 223 проб показали, что теплота сгорания составляет 5300-17700 кДж/кг. Один из наиболее существенных показателей при сгорании - влажность; другим фактором, оказывающим значительное влияние на теплоту сгорания РДФ, является содержание в нем золы.

Сравним затраты на производство тепла (электроэнергии) котлов (ТЭЦ), работающих на природном топливе и установленных на мусоросжигательном заводе (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Статьи расходов	Затраты (%)	
	ТЭЦ	МСЗ
Топливо	70	50,7
Амортизация	15	34,3
Заработная плата	8	7
Прочие	7	8

Концентрация золы в дымовых газах сжигательных установок составляет примерно 2-5 г/м³ сухого газа. При увеличении содержания бумаги в отходах, подвергающихся сжиганию, наблюдается более высокая концентрация золы в отходящих газах. Содержание в отходах различных твердых компонентов приводит к резкому снижению концентрации золы (до 0,5 г/м³).

В настоящее время на крупных современных установках по сжиганию ТБО для улавливания твердых частиц, содержащихся в дымовых газах, используются электростатические фильтры. Широкое применение электрофильтров обусловлено, прежде всего, высокой степенью очистки в них газов (99,8%), причем улавливанию подвергаются частицы практически любых размеров.

При выборе оборудования для полной очистки дымовых газов необходимо учитывать все газообразные загрязнители. В связи с постоянным увеличением в составе отходов доли синтетических материалов в будущем вероятно резкое увеличение концентраций вредных газообразных веществ в дымовых газах мусоросжигательных установок (хлористого и фтористого водорода, полициклических ароматических углеводородов) сверх допустимых норм. Наиболее жесткие нормы, ограничивающие выброс хлористого и фтористого водорода топочными устройствами, установлены в настоящее время в ФРГ. В соответствии с этими нормами, содержание хлористых и фтористых соединений в дымовых газах не должно превышать в пересчет на ионы Cl и F соответственно 100 и 5 мг/нм³ при содержании 11% кислорода в дымовых газах.

Загрязнители воздуха образуются в результате неполного сгорания и из новых продуктов, образующихся в процессе горения. Продукты неполного сгорания включают оксиды углерода, амины, органические кислоты, полициклические ароматические соединения и т. п. В выбросах находятся тяжелые металлы как результат неполного сгорания горючих веществ. Основными конечными продуктами сгорания в большинстве случаев являются диоксид углерода и водяные пары. Другие продукты образуются в меньших количествах и не вызывают большой риск. Хлористый водород и небольшие количества хлора образуются в мусоросжигательных установках в процессе хлорирования углеводородов, фтористый водород - из органических фторидов, бромистый водород - из органических бромидов, оксиды серы, главным образом, диоксид серы - из имеющейся в отходах и дополнительном топливе серы, пятиокись фосфора - из фосфоорганических соединений, оксид азота образуется при горении на воздухе из соединений азота, находящихся в материалах отходов. Эти выбросы часто подразделяют на две категории. Первая категория включает оксиды азота, оксиды серы, соединения хлора - полихлордибензооксины и полихлордибензолфураны, пары кислот. Загрязнители, относящиеся ко второй категории, наиболее токсичны и более опасны в меньших количествах, чем загрязнители, относящиеся к первой категории. Многие из этих химических веществ токсичны в очень малых концентрациях.

Тяжелые металлы присутствуют во многих компонентах отходов. Они не влияют на процесс горения и адсорбируются на шлаке или выделяются в виде примесей на летучей золе или выхлопных газах. Как прави-

ло, это свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, никель, ванадий и цинк. Количество выбросов зависит от содержания металлов, конструкции мусоросжигательной печи и технологических условий. Даже при небольших концентрациях определенные тяжелые металлы могут наносить вред здоровью из-за высокой токсичности.

Полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ) были открыты недавно как составляющие компоненты выбросов мусоросжигательных установок. Диоксины - одни из наиболее токсичных соединений, известных человечеству. Фураны - это группа элементов, родственных диоксинам, которые обладают похожими токсичными свойствами.

Агентство ЕРА первым обнаружило выбросы диоксинов на установке сжигания твердых отходов в Хамптоне, штат Вирджиния. Все это вызывает сомнения относительно безопасности мусоросжигательных установок.

Процессы образования и распада ПХДД и ПХДФ протекают в зоне горящего слоя на решетке или над горящим слоем в т. н. радиационной части котла.

В общем оптимальный режим горения с технологической и теплотехнической точки зрения характеризуется следующими критериями:

- хорошее сжигание поступающего мусора (незначительное количество горючих элементов в шлаке и летучей золе);
- высокая пропускная способность в единицу времени при номинальном производстве пара;
- относительно высокая температура в радиационной части горящего слоя при хорошем перемешивании во избежание образования отдельных струй (900°C, хороший выжиг остатков, оптимальный КПД котла);
- контроль за умеренной температурой при одновременном удовлетворительном сжигании (бесперебойная механическая функция решетки).

На образование ПХДЦ/ПХДФ или других веществ (хлорбензола, хлордифенила и т. д.) влияют следующие параметры:

- конструкция установки (система сжигания, система очистки отходящих газов);
- вид подаваемых отходов (бытовой мусор, промышленные отходы, крупногабаритный мусор, осадки сточных вод, теплота сгорания, содержание влаги и т. д.);
- рабочие параметры (температурное поле в горящем слое, температурное поле над горящим слоем (радиационная часть котла), время

пребывания веществ в температурном поле, температурный режим в газоотводах через котел и газоочистную установку, количество первичного воздуха, поточная масса на решетке, однородность отходов);

- потоки остаточных веществ и их состав (шлаки, котельная зола, фильтровальная пыль, сорбционные остатки, пыль после очистки отходящих газов).

Строительство мусоросжигательных заводов во всем мире сопровождается протестами населения и «зеленых» партий. Процент сжигаемых отходов в развитых странах колеблется от 4 (Канада) до 80 (Дания). Сжигание отходов имеет будущее только в сочетании с методами раздельного сбора и сортировки. Органическую часть отходов более целесообразно подвергать компостированию. Заводы по механизированной переработке ТБО (МПБО) работают по технологии аэробного биотермического компостирования, в результате чего отходы обезвреживаются и превращаются в компост - органическое удобрение или в биотопливо для теплиц. При этой технологии из отходов извлекают утильные компоненты, которые можно использовать в качестве вторичного сырья в промышленности. На заводах МПБО обеспечивается механизация всех основных технологических процессов, исключается непосредственный контакт с необезвреженными ТБО.

Заводы МПБО при всем разнообразии технологических и конструктивных схем имеют оборудование для трех технологических операций, обеспечивающих законченный цикл обезвреживания ТБО: для приема и предварительной подготовки ТБО, биотермического аэробного компостирования, окончательной обработки и складирования компоста. На комплексных заводах, кроме того, предусматривается сжигание отделившихся при предварительной и окончательной обработке ТБО некомпостируемых фракций. В зависимости от принятого типоразмера биобарабана и числа технологических линий мусороперерабатывающие заводы проектируются на производительность от 300 тыс. до 1,2 млн. м³ т/год.

На заводах МПБО принята следующая последовательность технологических операций. Прибывающие на завод мусоровозы взвешиваются на автовесах и разгружаются в приемный бункер, из которого ТБО пластинчатым питателем или грейферным краном перегружаются на транспортер. По транспортеру, над которым подвешен электромагнитный сепаратор, извлекающий из ТБО фракции черного металлолома, материал направляется в биотермический барабан. Затем обезвреженная масса направляется в грохот, где она очищается от фракций крупнее 45-60 мм, содержащих некомпостируемый материал. Из мелкой и крупной фракции повторно извлекается оставшийся черный металлолом. Фракции крупнее 45-60 мм направляются на свалку, сжигание или пиролиз, а мелкие - на доизмельчение в дробилку и далее на площадку готовой продукции. Вы-

деленный магнитными сепараторами черный металлолом поступает на пакетированный пресс, а затем в виде спрессованных блоков на склад готовой продукции.

3.1.3. Удаление и переработка биологических отходов

Одним из приоритетных видов специальных отходов являются биологические. Рассмотрим, как формулируется и решается эта проблема в Москве (на основе данных, подготовленных А. М. Гонопольским).

Отсутствие должной организации сбора, транспортировки и переработки биологических отходов приводит к тому, что они вывозятся на городские полигоны и ухудшают без того напряженную экологическую обстановку в регионе.

В России практически отсутствует нормативно-инструктивная документация по обращению с этими отходами, не разработаны необходимые научные обоснования.

В странах Западной Европы запрещено захоронение биологических отходов. Так, особо опасный спорообразующий микроб сибирской язвы сохраняет в земле жизнеспособность возбудителя даже после полного разложения трупа более 100 лет.

Условно всю гамму биологических отходов, исходя из существующих требований к их переработке, можно подразделить на 3 группы:

- особо опасные отходы - термическое обезвреживание при температуре не ниже 1250°C;
- опасные отходы - термическое обезвреживание при температуре не ниже 850°C;
- условно опасные отходы - термические и химические методы переработки во вторичный продукт (мясокостная мука и др.)

В настоящее время в Москве сосредоточено более 1500 предприятий, организаций, медицинских, ветеринарных лечебных и учебных учреждений, рынков, зоопарков, цирков, муниципальных и таможенных организаций, на которых образовывается ежегодно свыше 75 тыс. т различных биологических отходов, подлежащих немедленному обезвреживанию, переработке и нейтрализации.

Только по официальным данным в Москве ежегодно образуется не менее 6 тыс. т особо опасных биологических отходов животного происхождения первого класса опасности из вивариев научно-исследовательских институтов, отловленных и усыпленных домашних жи-

вотных, грызунов и птиц, которые по ветеринарному законодательству подлежат сжиганию при температуре, позволяющей уничтожить инфекционные заболевания. Вывести их на полигоны и уничтожить традиционным способом не представляется возможным, так как не решается проблема обезвреживания их токсичности, инфекционной зараженности.

Особую опасность для региона и города представляют залповые поставки биологических отходов в результате локальных эпидемий или поставки крупных партий некачественного продовольствия в обход действующих законов. Неуничтоженные продукты являются питательной средой для размножения грызунов, плотоядных животных и птиц. За последнее время значительно увеличилось число заболеваний бешенством диких и домашних животных, участились случаи вспышек остроинфекционных заболеваний людей и домашних животных.

Расчеты показывают, что если в 80-е гг. в России ежегодно образовывалось до 50 тыс. т в год биологических отходов, то сейчас это количество достигает 75 тыс. т в год. Если динамика прироста сохранится, а система переработки биологических отходов не будет создана, то для захоронения в традиционно используемых ямах Беккари потребуется более тысячи квадратных километров земли, включая охранные зоны. Эти земли как минимум на 10 лет будут выведены из землепользования. Потери от недополученной продукции с этих земель составят, по официальным оценкам Минэкономики, более 200 млрд. руб. в год. Однако ущерб не ограничивается только этой цифрой. Резко повышается риск возникновения эпидемических вспышек, и экономический ущерб от этого трудно поддается учету.

В Московском регионе на настоящее время действует единственный объект, предназначенный для обезвреживания биологических отходов - завод «Эколог» в Люберецком районе Московской области.

Единственным путем решения проблемы обезвреживания биологических отходов в Московском регионе является создание системы, включающей организационные и финансовые аспекты, тарифную политику на сбор и обезвреживание отходов, создание технической базы по сбору, транспортировке и переработке отходов. На первом этапе реализации разработанной программы предполагается:

- разработка организационной и финансовой модели функционирования системы;
- создание парка транспортных средств;
- реконструкция завода «Эколог», включая строительство участков высокотемпературного обезвреживания особо опасных биологических

отходов, двух технологических линий по переработке условно опасных отходов в кормовые добавки.

Производственная мощность завода после реконструкции обеспечит обезвреживание и утилизацию до 40% биологических отходов Московского региона, в том числе 100% особо опасных отходов.

Расчеты показывают, что для полного уничтожения имеющихся в Московском регионе биологических отходов необходимо иметь не менее 3 специализированных ветеринарно-санитарных заводов с оборудованием для производства кормовых добавок из благополучных биологических отходов и одного специализированного комплекса для уничтожения особо опасных инфицированных и токсичных отходов.

3.2. Водное хозяйство Москвы

В следующих двух параграфах использованы данные Мосводоканала и МосводоканалНИИпроекта.

Водное хозяйство Москвы состоит из двух систем - системы водоподготовки и водоснабжения и системы водоотведения сточных вод.

Подача питьевой воды в Московскую водопроводную сеть осуществляется пятью водопроводными станциями, четыре из которых базируются на поверхностных источниках водоснабжения.

Проектная мощность Московского водопровода составляет 6725 тыс. куб. м/сут., в том числе:

- Рублевская водопроводная станция - 1650 тыс. куб. м/сут.;
- Восточная водопроводная станция - 1400 тыс. куб. м/сут.;
- Северная водопроводная станция - 1920 тыс. куб. м/сут.;
- Западная водопроводная станция - 1700 тыс. куб. м/сут.;
- Зеленоградканал (скважины) - 55 тыс. куб. м/сут.;

Максимальная подача воды в октябре 1992 г. составила 6782 тыс. куб. м в сут., водопотребление - 5593,5 тыс. куб. м в сут.

Питьевая вода в Москве распределяется следующим образом:

- предприятия коммунально-бытового назначения - 15% (861,7 тыс. куб. м/сут.);
- промышленные предприятия - 19% (1050, 6 тыс. куб. м/сут.);
- население - 66% (3681,2 тыс. куб. м/сут.).

Потери воды составили 12% от объема подачи.

Удельное водопотребление населения составляет 392 л на человека в сутки.

На водопроводных станциях вода поверхностных источников проходит двухступенчатую очистку и обеззараживание. Первая ступень - коагулирование сернокислым алюминием и отстаивание; вторая - фильтрование на песчаных фильтрах. Обеззараживание осуществляется газообразным хлором и включает как обработку фильтрованной воды (вторичное хлорирование), так и обработку сырой воды (первичное хлорирование). Специфика качества воды водоисточника обуславливает некоторое различие в режимах обработки воды. На станциях Волжского источника применяются более высокие дозы хлора на стадии первичного хлорирования, т. к. хлор используется не только как обеззараживающий агент, но и как реагент для снятия цветности. На Восточной станции предварительного улучшения качества воды используется порошкообразный уголь как сорбент и перманганат калия для дезодорирования воды и как осветлитель. Эти реагенты применяются при аварийных сбросах навозных и сточных вод в Москворецкий источник.

Контроль качества воды на водопроводных станциях (в пределах ГОСТ 2974-82 «Вода питьевая») проводится на всех стадиях обработки по всем технологическим линиям. Микробиологические показатели (комплекс и число микроорганизмов), характеризующие безопасность воды в эпидемиологическом отношении, определяются 2 раза в сутки, органолептические (запах, цветность, мутность) - 6-12 раз в сутки (при ухудшении качества воды водоисточника - 12-24 раза в сутки).

Остаточный хлор определяется ежечасно. На каждой водопроводной станции ежедневно проводится около 1000 химических определений, 100 бактериологических и 20 гидробиологических.

Система подачи и распределения воды в Москве включает в себя 8,5 тыс. километров водопроводных сетей, 10 городских насосных станций и 6 регулирующих узлов. Общая емкость регулирующих узлов составляет 1,2 млн. куб. м, объем воды, находящейся в трубах, - 1,5 млн. куб. м.

Характеристика и состояние поверхностных водоемов в Москве

В черте города водный фонд представлен р. Москвой и более 70 реками и ручьями общей протяженностью 165 км. Полностью русло сохранено у рек Яузы, Сетуни, Сходни, Раменки, Ички и Чечеры. Остальные реки частично или полностью заключены в коллекторные системы и слу-

жат для отведения поверхностного стока. Кроме загрязненного поверхностного стока на качественное состояние рек оказывает негативное влияние сброс недостаточно очищенных сточных вод промышленных предприятий и городских станций аэрации.

Поверхностный сток с территории города формируется за счет талых снеговых и дождевых вод, а также поливо-моечных вод. Суммарный поверхностный сток на территории города составляет 0,25 куб. км/год. Средний для Москвы модуль стока составляет 9 л/с км². Наблюдается увеличение модуля стока от окраин города к центру. Поверхностный сток с территории города не очищается от загрязнений.

Система водоотведения и очистки городских сточных вод

Система канализации г. Москвы в своем развитии сложилась как полная раздельная и обеспечивает прием хозяйственно-фекальных и промышленных сточных вод. Атмосферные и условно чистые воды отводятся через систему водостоков в открытый водоприемник, каким является река Москва.

Канализационная сеть города обусловлена рельефом местности и имеет общее направление основных каналов и коллекторов в южную часть города, где и расположены две крупнейшие станции аэрации - Курьяновская и Люберецкая. Город Зеленоград имеет свою самостоятельную систему канализации с Зеленоградской станцией аэрации.

Общая протяженность канализационной сети - 5,95 тыс. км. Из них 20% приходится на основные транспортные каналы, коллекторы. Общее количество канализационных насосных станций - 115 единиц, длина напорных трубопроводов составляет около 0,6 тыс. км.

Проектная мощность очистных сооружений Москвы - 6215 тыс. м³/сут. Среднесуточное поступление сточных вод в 1994 г. составило 6102,7 тыс. м³/сут. Максимальный приток сточных вод на сооружения в период паводка в апреле 1994 г. - 7494 тыс. м³/сут.

Поступающие на станции аэрации сточные воды подвергаются механической и биологической очистке. На Зеленоградской станции аэрации вся очищенная сточная вода проходит доочистку с последующей дезинфекцией гипохлоритом натрия. На Курьяновской станции аэрации из общей массы очищенной воды около 25000 м³/сут. очищенной и дезинфицированной воды подается в сеть промышленного водоснабжения для обеспечения потребностей в технической воде таких предприятий, как объединение «Москвич», ГПЗ-1, завод «Серп и молот», шинный завод и др.

Необходимость такой высокой степени очистки диктуется тем, что Москва-река, как водоприемник сточных вод, отнесена к категории рыбохозяйственного водопользования. Достижение современных требований к качеству очищенных сточных вод практически невозможно. На сегодняшний день московские станции аэрации не имеют ни технических, ни технологических возможностей выполнить установленные нормативы.

«Ни один из известных и доступных в денежном отношении методов не в состоянии выполнить требования российских стандартов», - таким был вывод датских специалистов фирмы «Ковиконсалт» (Дания), которые в течение полутора лет производили обследование работы Курьяновской станции аэрации.

В настоящее время требуется принципиально новый подход к функционированию и развитию канализационной системы современного промышленно развитого города - мегаполиса, каким является Москва, в частности децентрализация очистных сооружений и переход к строительству станций малой производительности до 500 тыс. м³ в сутки в различных районах города. Именно эта идея заложена в основу Генеральной схемы развития канализации до 2000 г. В ней предусматривается поэтапное улучшение качества очищенных сточных воды, прежде всего, удаление биогенных элементов на стадии биологической очистки.

Городские станции аэрации запроектированы и обеспечивают качество очищенных сточных вод на уровне крупных городов Европы, однако оно не соответствует современным санитарно-экологическим требованиям, действующим в России.

В табл. 3.3 приведены сравнительные данные по очистке воды в Москве и требования стандартов в России и ЕЭС.

Таблица 3.3

Наименование показателя качества воды	Величина показателя, мг/л				
	Факт		Норматив		
	вода, поступающая на станции аэрации	очищенная вода	культурно-бытового водопользования	рыбохозяйственного водопользования	ЕЭС
Взвешенные вещества	175	10,3	Фоновая концентрация водоема		
			+0,75	+0,25	35
ВПК полн.	148 (БПК-5)	10,6	6,0	3,0	25
ХПК	292	61	30	-	-
Азот аммонийных солей	20,2	7,5	1,0	0,4	10
Азот нитратов		5,0	10,2	9,1	азот общий
Фосфаты (по Р)	2,1	1,5	3,5	0,2	
СПАВ	1,20	0,15	0,5	0,1	
Минеральный состав	473	430	1000	1000	
Нефтепродукты	4,8	0,67	0,3	0,05	
Хром+З	0,13	0,05	0,5	0,05	
Медь	0,13	0,05	0,5	0,005	
Цинк	0,34	0,08	1,0	0,01	
Никель	0,03	0,02	0,1	0,01	

**Обработка осадка на Московских станциях аэрации
(по данным В. А. Загорского)**

В процессе очистки сточных вод на московских станциях аэрации образуется 8824,7 тыс. м³/год осадков. Весь осадок проходит обеззараживание в метантенках при термофильном режиме сбраживания. Из всего количества образованного осадка 3455,3 тыс. м³ (39,2%) направляется на механическое обезвоживание и 5369,4 тыс. м³ (60,8%) - на иловые площадки.

До настоящего времени основным способом обезвоживания осадка является естественная сушка на иловых площадках, где он подсушивается до влажности 80%, уменьшаясь в объеме в 7-8 раз. Подсушивание осадка на иловых площадках - процесс весьма длительный и во многом зависит от климатических условий, что в значительной степени ограничивает возможности его интенсификации. В условиях Москвы полезная площадь иловых площадок до недавнего времени составляла около 800 га.

По решению правительства Москвы в течение 10 последних лет осуществлялся поэтапный вывод из эксплуатации Люблинских полей фильтрации, который был окончательно завершён в сентябре 1994 г. В результате площадь, используемая для подсушивания осадка, сократилась почти в 2 раза, что в значительной мере обострило проблему обезвоживания осадка сточных вод.

На сегодняшний день только 40% осадков, образующихся на московских станциях аэрации, подвергается промышленным методам обезвоживания на устаревшем оборудовании с использованием малоэффективных технологий.

В середине 90-х гг. на уровне правительства Москвы принято решение о переводе технологии обезвоживания осадков на новый уровень развития с оснащением цехов импортным оборудованием и внедрением современных высокоэффективных технологий кондиционирования осадков с применением флокулянтов. В перспективе к 2005 г. планируется внедрение промышленных методов обезвоживания осадков для всего объема.

Выполнено строительство и ввод в эксплуатацию цеха по обезвоживанию осадков, находящихся на Люблинских полях фильтрации, с последующей рекультивацией земельных площадей под жилищную застройку и территорию Марьиного парка.

Обезвоженный на фильтр-прессах осадок предполагается депонировать на специальных площадках.

Проблематичным остается вопрос использования осадков сточных вод в качестве органического удобрения из-за высокого содержания тяжелых металлов.

До настоящего времени основным способом обезвоживания осадка является естественная сушка на иловых площадках, где он подсушивается до влажности 80%, уменьшаясь в объеме в 7-8 раз. Подсушивание осадка на иловых площадках - процесс весьма длительный и во многом зависит от климатических условий, что в значительной степени ограничивает возможности его интенсификации. В условиях Москвы полезная площадь иловых площадок до недавнего времени составляла около 800 га.

По решению правительства Москвы в течение 10 последних лет осуществлялся поэтапный вывод из эксплуатации Люблинских полей фильтрации, который был окончательно завершен в сентябре 1994 г. В результате площадь, используемая для подсушивания осадка, сократилась почти в 2 раза, что в значительной мере обострило проблему обезвоживания осадка сточных вод.

На сегодняшний день только 40% осадков, образующихся на московских станциях аэрации, подвергается промышленным методам обезвоживания на устаревшем оборудовании с использованием малоэффективных технологий.

В середине 90-х гг. на уровне правительства Москвы принято решение о переводе технологии обезвоживания осадков на новый уровень развития с оснащением цехов импортным оборудованием и внедрением современных высокоэффективных технологий кондиционирования осадков с применением флокулянтов. В перспективе к 2005 г. планируется внедрение промышленных методов обезвоживания осадков для всего объема.

Выполнено строительство и ввод в эксплуатацию цеха по обезвоживанию осадков, находящихся на Люблинских полях фильтрации, с последующей рекультивацией земельных площадей под жилищную застройку и территорию Марьинского парка.

Обезвоженный на фильтр-прессах осадок предполагается депонировать на специальных площадках.

Проблематичным остается вопрос использования осадков сточных вод в качестве органического удобрения из-за высокого содержания тяжелых металлов.

3.3. Управление качеством воды в городах

В России придается большое значение решению задачи обеспечения населения питьевой водой. Разработан и разрабатывается ряд федеральных и региональных программ, направленных на решение проблем питьевого водоснабжения. Так, приняты к реализации федеральная целевая комплексная программа «Обеспечение населения России питьевой водой», целевая комплексная программа «Экономия, рациональное использование водных ресурсов в Москве и повышение надежности ее водообеспечения на период до 2010 г.», программа «Возрождение Волги» и другие.

Государственной Думой принят «Водный кодекс России», разработаны закон Российской Федерации «О питьевом водоснабжении», проект новых нормативов качества питьевой воды, ориентированных на международные нормы.

Основными источниками загрязнения водоемов являются:

- сточные воды промышленных предприятий и городов;
- атмосферные осадки;
- поверхностный смыв с территорий промышленных и селитебных зон;
- поверхностный и дренажный вынос загрязняющих веществ с сельскохозяйственных территорий.

Указанные источники определяют следующий состав загрязняющих веществ:

- тяжелые металлы - железо, марганец, цинк, медь, стронций, барий, кадмий, свинец, никель, хром;
- органические соединения - нефтепродукты, хлор, фтор и азотсодержащие пестициды, фенолы, полициклические ароматические углеводороды, формальдегид;
- вещества промышленного и природного происхождения, обуславливающие привкус и запахи;
- вещества, обуславливающие органолептические характеристики воды (мутность, цветность);
- биогенные элементы (нитриты, нитраты, аммиак, фосфаты);
- микробиологические загрязнения.

Перечисленные показатели определяют технологию очистки воды на водопроводных станциях и перспективу развития методов очистки.

Управление качеством воды в городах предполагает выполнение следующих мероприятий:

- организацию народно-хозяйственной деятельности так, чтобы уменьшился уровень загрязнений источников водоснабжения;
- административное и экономическое воздействие на предприятия и граждан с целью уменьшения объемов сбросов и выбросов;
- оптимизацию технологий очистки воды в системе «стоимость - качество»;
- модернизацию системы распределения и подачи воды с целью уменьшения потерь воды;
- проведение организационно-экономических мероприятий в системе водопотребления в городе, способствующих экономному использованию воды.

Необходимым условием управления качеством воды является развитая система экомониторинга источников водоснабжения и прилегающих к ним территорий. Мониторинг предполагает решение следующих задач:

- создание баз данных по экологическому состоянию источников водоснабжения с использованием электронных карт загрязнений;
- паспортизацию объектов-загрязнителей (промышленных и сельскохозяйственных предприятий, селитебных зон), находящихся вблизи источника водоснабжения с использованием комплексных показателей экологической опасности;
- изучение трансформации загрязняющих веществ в атмосфере, речной воде, поверхностном стоке и математическое моделирование этих процессов;
- расчет баланса загрязняющих веществ в источнике водоснабжения;
- прогнозирование вероятности ухудшения качества воды источника водоснабжения, а также долгосрочный прогноз тенденций изменения качества воды водоисточника.

Для снижения антропогенной нагрузки в районах источников водоснабжения должны быть разработаны программы и первоочередные мероприятия, направленные на снижение содержания загрязняющих веществ, поступающих с промышленными и бытовыми сточными водами, с поверхностным стоком с селитебных и сельскохозяйственных территорий.

В последние годы проявилась тенденция понижения надежности водоснабжения Москвы с сохранением вероятности возникновения аварий-

ных ситуаций на площади водосбора. По мере роста благосостояния общества появляется возможность использовать дорогие технологии для получения более чистой воды. Традиционная технология дополняется методами биологической очистки, озонирования, сорбции, внедрения эффективных коагулянтов и флокулянтов. Применение каждого метода, выбор его параметров и места в технологической схеме определяются в каждом конкретном случае с учетом степени загрязнения водоисточника, технической возможности реализации, условий развития системы водоснабжения и т. д.

Дополнительные сложности возникают при модернизации технологии обработки больших масс воды на крупных существующих водопроводных станциях, к числу которых относятся станции Московского водопровода. До недавнего времени базовой схемой очистки на всех водопроводных станциях была принята классическая двухступенчатая схема: коагулирование сернокислым алюминием с последующим отстаиванием и фильтрование на песчаных однослойных или двухслойных фильтрах. Вода дважды обрабатывалась хлором - на начальной и конечной стадии очистки. Иногда для снижения цветности применяется озонирование воды. При появлении сильных запахов в воде используется порошкообразный активный уголь и перманганат калия в зависимости от характера запаха. Применяемая на каждой станции технология позволяла получать питьевую воду, отвечающую требованиям действующего ГОСТа.

Установлено, что технология водоподготовки, ориентированная на осветление и обеззараживание воды, не позволит обеспечить необходимую степень очистки в случае загрязнения водоисточников техногенными веществами и отдельными микробиологическими загрязнителями типа кристоспаридиус.

Кроме того, применение повышенных доз хлора, коагулянта приводит к образованию ряда новых органических соединений, более токсичных, чем их предшественники, увеличивает коррозионную активность, концентрацию алюминия. Особенно это характерно при обработке цветной воды.

Поэтому технология очистки воды на водопроводных станциях дополняется методами:

- озонирования,
- озонифлотации,
- сорбции,
- флокулирования.

Эти методы реализуются с учетом местных условий, точек и последовательности ввода реагентов в обрабатываемую воду, оптимизации дозирования реагентов.

Современная технология подготовки питьевой воды включает в себя следующие стадии:

- периодическую обработку воды перманганатом калия и порошкообразным активным углем для первичной дезодорации воды;

- коагуляционную обработку, предусматривающую использование новых высокоэффективных катионных флокулянтов в сочетании с коагулянтами, что способствует большему осветлению воды, уменьшению бактериальных загрязнений и удалению органических соединений;

- осветление воды в тонкослойных отстойниках, основное достоинство которых заключается в высокой степени осветления при сокращении площади сооружений по сравнению с традиционным отстойником. Новизна решения заключается в дополнении отстойников флотационными камерами на выходе, что обеспечивает более полное удаление мелкодисперсной взвеси.

Следующие стадии обработки - озонирование, фильтрование и сорбция. Озонирование осуществляется в контактных бассейнах, которые, в отличие от обычных, позволяют совместить процесс озонирования с флотацией. Применение озонирования необходимо для:

- уничтожения трудноокисляемых органических соединений, в том числе, высокотоксичных, для снижения грязевой нагрузки на сорбент и увеличения срока его службы;

- создания возможности протекания биологических процессов очистки на зернистых и сорбционных фильтрах, что также способствует увеличению срока службы последних;

- снижения содержания токсичных хлорорганических соединений, образующихся при хлорировании;

- достижения высокой надежности по уничтожению вирусных загрязнений.

На стадии сорбции происходит удаление растворимых органических примесей и нежелательных продуктов, образующихся в процессе очистки на предыдущих стадиях, и окончательная дезодорация воды.

На завершающей стадии вода подвергается обеззараживанию хлором. В данном случае образование хлорорганических соединений практически не происходит в связи с глубоким удалением органических веществ из воды на предыдущих стадиях.

Предложенная технология обеспечит надежную барьерную роль очистных сооружений в отношении микробиологических и паразитологических загрязнений, включая колифаги и цисты лямблий, а также токсичных химических элементов и соединений, которые могут присутствовать в водоисточнике в концентрациях, превышающих ПДК, особенно при аварийных сбросах загрязнений: кадмий, барий, 4-хлористый углерод, хлороформ, бенз(а)пирен, пестициды, нефтепродукты, фенолы и другие. Технология также устраняет запахи и привкусы, присутствие которых в питьевой воде является одной из наиболее острых проблем.

Мировой опыт эксплуатации водоснабжения и существующие законодательные и нормативные документы показывают, что получение питьевой воды, отвечающей требованиям стандартов, после очистных сооружений не всегда гарантирует сохранение этого качества в магистральных водоводах и распределительной сети, особенно при значительной протяженности.

Ухудшение качества питьевой воды при ее транспортировке по распределительным сетям свойственно практически всем системам водоснабжения. Эта тенденция сохраняется независимо от экологической обстановки, санитарно-гигиенического состояния водоисточников, инженерно-конструктивной специфики систем водоснабжения и особенностей технологии водоподготовки. Изменения качественных показателей питьевой воды многообразны и до конца не изучены. Одним из главных направлений является организация эффективного контроля ее качества с уделением особого внимания работам по жалобам потребителей. Ставится вопрос о необходимости представления потребителям регулярной информации о качестве питьевой воды и об ответственности поставщика питьевой воды перед потребителем.

Сокращение водоотбора из источников водоснабжения приводит к улучшению качества питьевой воды в результате того, что при этом в большей степени сохраняется их естественное состояние, повышается эффективность процессов самоочищения по отношению к загрязнениям природной воды. При этом также уменьшается нагрузка на очистные сооружения за счет сокращения скорости фильтрации и увеличения времени контакта очищенной воды с реагентами, что приводит к увеличению барьерной роли сооружений очистки. Наблюдается также дополнительный эффект сокращения объема городских сточных вод и сокращение объемов осадков, образующихся при очистке природных вод на очистных сооружениях водопровода и сооружениях очистки сточных вод.

Основным путем сокращения водопотребления питьевой воды в городе является рациональное использование водных ресурсов потребителями.

Рационализация водопользования в Москве осуществляется по следующим направлениям:

- экономия воды в жилищном секторе;
- рациональное использование воды на промышленных и коммунально-бытовых предприятиях;
- уменьшение потерь в водопроводе.

В жилищном секторе рациональное расходование воды осуществляется за счет реализации следующих мероприятий:

- нормализация давления воды во внутреннем водопроводе жилых зданий за счет установки регуляторов давления, автоматизации насосов подкачки, зонирования водопровода холодной и горячей воды;
- применение водосберегающей арматуры, сокращение утечек и нерационального расхода воды в жилых зданиях;
- контроль водопотребления. Эффект сокращения водопотребления при совершенствовании системы контроля водопотребления составляет 10-15% величины удельного водопотребления в жилых зданиях.

В целом реализация комплекса мероприятий по экономии воды в жилом секторе, включая мероприятия по переоборудованию центральных тепловых пунктов, приводит к достижению удельного водопотребления до величины 220-250 л на человека в сутки.

В промышленности и на предприятиях коммунально-бытового сектора рациональное использование воды достигается за счет следующих мероприятий:

- развития системы промышленного водопровода;
- применения доочищенных сточных вод в системах технического водоснабжения;
- создания оборотных систем и систем многократного использования воды;
- совершенствования системы контроля, тарификации и лимитирования водопотребления.

Коэффициент водооборота в Москве в настоящее время достиг 78%. Эта величина приближается к мировому уровню. В целом, водопотребление питьевой воды промышленностью сократилось за последние 10 лет на 30%. Мощность созданной в Москве системы промышленного водопровода равна 680 тыс. куб. м в сутки.

В качестве одного из рассматриваемых способов сокращения водоотбора из поверхностных источников является привлечение подземных

вод внешнего пояса Московской области для питьевого водоснабжения Москвы. Разработана Генеральная схема объединенной системы водоснабжения города на основе совместного использования поверхностных и подземных вод. Рекомендованные для использования эксплуатационные запасы подземных вод обеспечивают водоотбор в размере 1,8 млн. куб. м в сутки. Такая схема позволяет сократить водоотбор из поверхностных источников на 30%. При этом в систему питьевого водоснабжения вовлекаются защищенные воды высокого качества.

Таким образом, работами МосводоканалНИИпроекта доказано, что основными направлениями развития системы управления качеством воды в городах являются защита источников водоснабжения, повышение барьерной роли сооружений и сокращение водоотбора из поверхностных источников.

3.4. Городской транспорт и экология городов

Среди антропогенных источников загрязнения окружающей среды больших городов мира транспорт устойчиво занимает первое место. Днем он отравляет воздух, ночью загрязняет десятки квадратных километров городской земли. В Москве ежедневно на дорогах находится 1,5 млн. единиц транспорта, а общее число машин в Москве составляет более 2 млн. При этом основная часть московских автомобилей плохого качества. Состав транспортного парка Москвы показан в табл. 3.4 [29].

Из общего числа автотранспорта 95,5% имеют бензиновые двигатели, а 4,5% - дизельные. Расчетные величины среднесуточного и удельного объема выбросов автотранспортом города загрязняющих веществ с отработавшими газами за 1996 г. приведены в табл. 3.5.

Анализ таблиц показывает, что основной объем вредных выбросов в атмосферный воздух дает транспорт с бензиновыми двигателями. В Москве этот показатель равен 85%. В целом автотранспорт в Москве дает более 90% всех вредных выбросов в атмосферу, более 10 т нефтепродуктов ежедневно поступает с автодорог в ливневую канализацию. На рис. 3.8 показано, в чем заключается вредное воздействие автотранспорта на окружающую среду. Транспорт является основным источником шума в городе. Живущие вблизи автострад дышат газом выхлопных труб.

Таблица 3.4

Категория автотранспорта	Численность автопарка города, ед.				
	1993 г.	1994 г.	1995 г.	1996 г.	1997 г.
Грузовой автотранспорт	137768	1 60 840	180327	196062	202 457
Автобусы	31 470	36 120	39303	42271	43838
Легковые автомобили	918029	1 104 213	1 329 553	1 491 086	1 642 137
Всего автотрансп. средств	1087 272	1 301 137	1 549 183	1 729419	1 888 432
В том числе индии- вид, транспорта	832 946	1 010 411	1 235 032	1 470 462	1 672711

Таблица 3.5

Загрязняющие вещества	Объем выброса от автомашин с двигателем				
	бензиновым		дизельным		всего т/сут.
	т/сут.	к/т топп.	т/сут.	к/т топп.	
CO	3263,2	238,2	342,5	126,9	3605,7
CH	593,2	81,26	150,9	55,91	744,1
NO _x	185,4	25,4	96,0	35,57	281,4
SO ₂	11,1	1,52	16,4	6,08	27,5
Свинец	0,155	0,021	-	-	0,155
Сажа	4,1	0,56	41,5	15,38	45,6
Всего	4057,155	346,961	647,3	239,84	4704,455

Поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автомашин

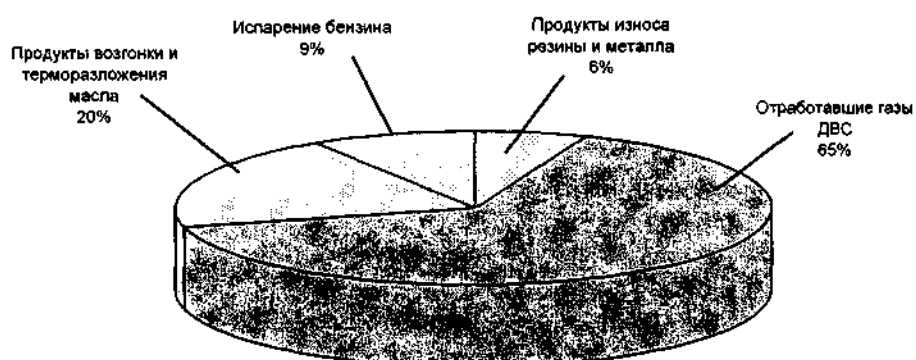


Рис. 3.7

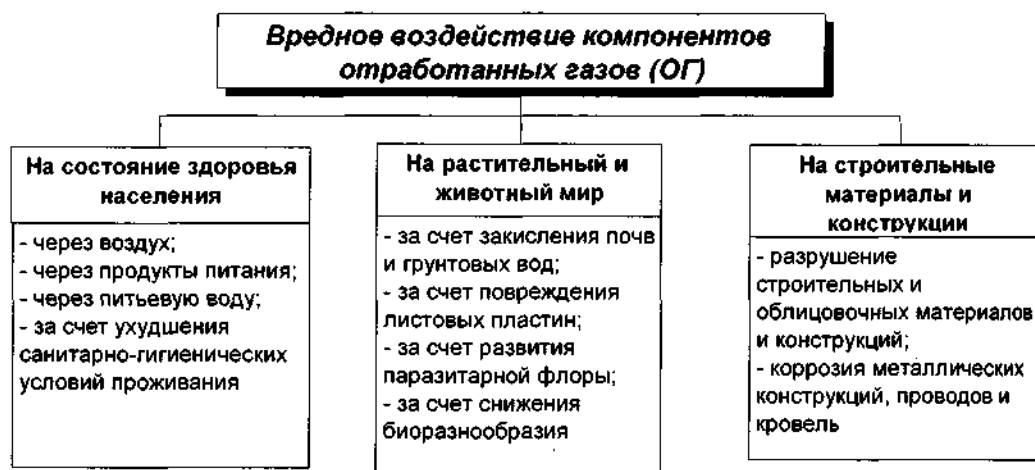


Рис. 3.8

В то же время горожане стремятся купить личный автомобиль, и это действительно не роскошь, а самое быстрое и удобное средство передвижения.

Итак, если транспорт - это неизбежное зло, то как можно уменьшить его вредное влияние, не слишком сильно ограничивая личную свободу граждан? На основании зарубежного и отечественного опыта можно выделить следующие приоритетные направления решения проблемы:

- развитие и реконструкция дорожно-транспортной сети;
- разработка и внедрение эффективных способов управления транспортными потоками;
- использование более качественных видов топлива, катализаторов для нейтрализации выхлопных газов;
- разработка транспорта на экологически чистых источниках энергии, таких как газ, электричество.

На рис. 3.9 показаны мероприятия по снижению выбросов от автотранспорта [32].

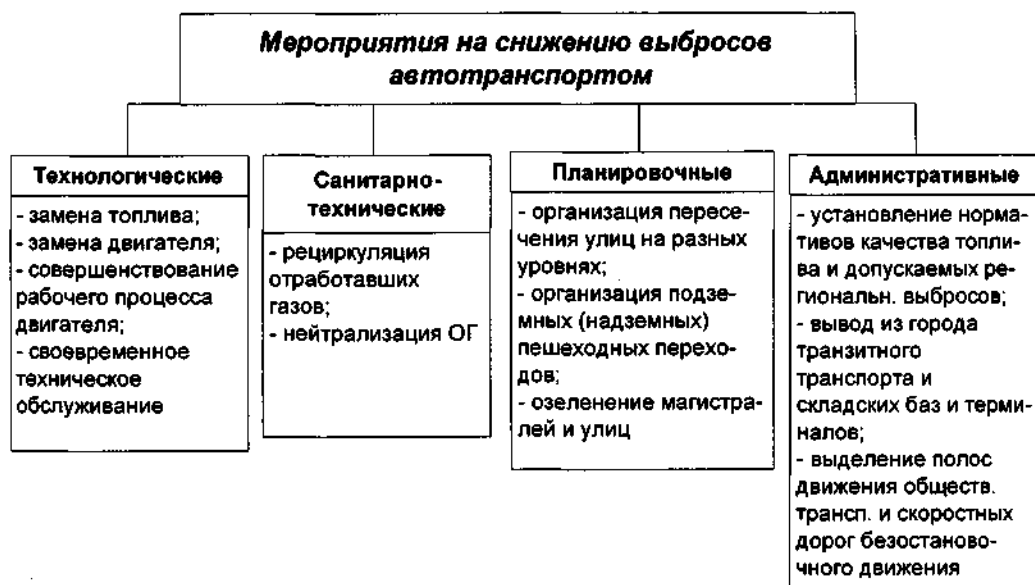


Рис. 3.9

Мероприятия, показанные на рис. 3.9, настолько дорогостоящие, что одновременное их осуществление невозможно. Проведем поэтому анализ с целью определения их приоритетности. Оценивать мероприятия будем по критериям эффективности и стоимости.

Эффективность мероприятий можно упрощенно оценить как процент уменьшения объема выбросов.

Стоимость мероприятий также целесообразно провести в расчете затрат на одно автотранспортное средство в единицу времени. Приоритет определим как эффективность на единицу стоимости.

Для таких простых мероприятий, как введение катализаторов, стоимость подсчитывается весьма просто.

Если, например, катализатор на автомобиль стоит в среднем 500\$ США, служит 8 лет и снижает валовой выброс на 30% [32], то приоритет этого мероприятия определится как $30:(500:8)=0,48$.

При оценке приоритета строительства новых дорог нужно вычислить ее пропускную способность, число машин, постоянно использующих новую дорогу, время амортизации дороги, процент увеличения скорости.

Если, например, строительство 4 км дороги будет стоить 4 млн. \$, ей постоянно будет пользоваться 50 тыс. автомобилей, то в час пик это

приведет к увеличению средней скорости от 12 до 30 км/час и, соответственно, к уменьшению валового выброса на 50%. Тогда, с учетом времени амортизации 8 лет, приоритет данного мероприятия будет равен 5.

Внедрение новых способов управления автотранспортом в целом по Москве стоит десятки миллионов долларов, требует закупки системы датчиков движения, средств связи, и эффективность его трудно поддается определению. В более простых случаях, например, при введении одностороннего движения с меньшим количеством светофоров на ограниченных участках дороги, эффективность должна оцениваться в комплексе с изменением движения на соседних трассах, и, как правило, это мероприятие имеет высокий приоритет. Изучение других приведенных выше мероприятий показывает, что они имеют значительно меньший приоритет. Таким образом, и это согласуется с опытом других стран, для решения транспортных проблем нужно прежде всего начинать со строительства дорог, затем научиться эффективно регулировать движение и лишь затем внедрить новые виды топлива, катализаторы, новые источники энергии и т. п.

Конечно, на основании частных примеров невозможно делать общие выводы, и приоритетность мероприятий следует определять в каждом конкретном случае отдельно. Но для такого города как Москва приоритетность строительства дорог не вызывает сомнения. В центральной части города более 80% улиц исчерпали свою пропускную способность, а за пределами Садового кольца - 47% магистралей. Средняя скорость в часы пик составляет 12-15 км/час. Реконструкция Московской кольцевой автодороги, строительство внутри города третьего кольца, являются вынужденными мероприятиями, недостаточными для решения транспортной проблемы.

На очереди строительство хордовых магистралей и создание общегородской системы управления автотранспортом на новых принципах с учетом опыта автоматизированной системы управления транспортными потоками «Старт».

Формализация методов управления качеством окружающей среды

4.1. Задачи математического моделирования и прогнозирования

Последовательность действий администраций городов при управлении качеством окружающей среды обычно следующая:

- по сведениям от населения, городских, федеральных служб экологического мониторинга и т. п. выясняется, что в городе обострилась проблема экологического характера, например, опасно вырос уровень загрязнения воздуха автомобильным транспортом;

- специализированными научными организациями проводятся исследования, позволяющие количественным образом описать указанную проблему и определить метод ее решения.

- после рассмотрения и утверждения программы начинается ее реализация, а исполнительный документ (постановление или распоряжение) поступает в контрольные органы администрации для контроля за ходом выполнения программы. Одновременно финансовые инспекции города следят за правильностью расходования средств. После выполнения программы исполнительный документ снимается с контроля.

В описанной процедуре в основу разработки программ, оценки их эффективности, стоимости кладется инженерный опыт, здравый смысл и поиск аналогий. Формализованные численные методы используются в проектных работах при расчетах объемов работ, сметных стоимостей, других инструктивных материалов. Зачастую сметная стоимость строительных работ на практике превышает в несколько раз.

Особенность экологических проблем заключается, во-первых, в крайней неопределенности формулировки задач, а, во-вторых, в комплексности задачи, когда необходимо учитывать разнородные факторы от геологии до уровня загрязнения атмосферного воздуха. Как показывает наша инженерная практика, здесь ошибка в оценках и расчетах может составлять сотни процентов. Город - это очень сложный объект. В конечном счете, целью применения формализованных методов в экологическом проектировании, математическом моделировании и прогнозировании является более точный расчет размера экологического ущерба,

предстоящих финансовых затрат и оценки эффективности применяемых мер.

Для того, чтобы более подробно обсудить частные математические методы, перечислим составные этапы процесса проектирования:

А. Экологические изыскания.

Б. Техничко-экономическое обоснование (ТЭО).

В. Рабочий проект.

Г. Авторский надзор при реализации проекта.

Для значительной части перечисленных этапов существуют формализованные методы и даже пакеты прикладных компьютерных программ.

Чем точнее и полнее проведены экологические изыскания, тем меньше ошибка в объемах финансирования и точнее оценка эффективности результатов работ. Однако, по сложившейся в России практике на изыскания выделяются доли процентов от общей стоимости работ. Иногда в литературе обсуждается проблема разработки общей модели города. В принципе, наличие такой модели позволило бы проводить более точные расчеты экологического ущерба и прогнозировать результаты реализации проектов. Однако, создание всеобщей модели города на все случаи жизни возможно лишь теоретически. На практике для каждой конкретной задачи из подручных алгоритмических и программных средств собирается инструментальное средство, на котором проводятся расчеты, и эффективность применения формальных методов зависит от инженерного опыта и искусства проектировщика. Таким образом, создание общей модели города не является приоритетной задачей для частных экологических проблем города. Создание такой модели было бы целесообразно для решения стратегических задач города, таких, например, как разработка схемы санитарной очистки города от твердых бытовых отходов, реконструкция дорожно-транспортной сети для сокращения выбросов от автотранспорта, общая экологическая оценка состояния окружающей среды. Сейчас каждая из указанных задач решается с помощью собственного инструментария.

Наличие хотя бы совместимых программных средств, общих алгоритмических и программных интерфейсов позволило бы проводить действительно комплексное экологическое моделирование и прогнозирование в городе.

Сформулируем перечень наиболее распространенных программно-математических комплексов, применяемых при решении экологических задач. В иерархическом порядке от уровня сбора информации до реше-

ния организационных экологических проблем перечень выглядит следующим образом:

- программное обеспечение автоматических станций контроля качества воздуха, воды, включая опрос анализаторов, первичную обработку данных, передачу их через модем в центр сбора информации;
- алгоритмическое и программное обеспечение центров сбора первичной информации, включая организацию и обработку первичных баз данных, программ сбора информации от ведомственных систем контроля, совместного их анализа и составления обобщенных справок;
- алгоритмическое и программное обеспечение сети передачи данных по городу, включая стандартные системы типа Internet;
- автоматизированное рабочее место специалиста-эколога;
- алгоритмы и программы расчета экологического ущерба, модели переносов загрязнений от точечных и протяженных источников;
- геоинформационные системы.

4.2. Типовая информационная система природоохранного органа

Природоохранные функции должны выполнять все природопользователи. Но охрана природы не является их основной задачей. Более того, они не заинтересованы в объективном освещении результатов своей деятельности. Для беспристрастной оценки ситуации созданы специальные природоохранные органы, которые контролируют деятельность природопользователей. В Москве - это Москомприрода, в других городах - территориальные отделения Госкомприроды России. Объектами их деятельности на подведомственной территории являются:

- природные среды: вода, воздух, почвы;
- природоохранные комплексы (растительность, фауна, водные объекты, геоструктура и т. п.);
- источники загрязнения среды природного и антропогенного характера;
- собственно население, проживающее на данной территории.

По отношению к этим объектам природоохранные органы решают следующие задачи:

- обеспечение государственного контроля за соблюдением норм и правил, регулирующих использование природных ресурсов всеми юридическими и физическими лицами на подчиненной территории;
- проведение мониторинга источников выбросов и состояния окружающей среды на территории;
- оперативное представление информации административным органам и общественности, предоставление данных в государственные доклады о состоянии окружающей среды;
- координация деятельности всех специально уполномоченных органов по охране окружающей среды на территории;
- составление территориальных программ окружающей среды и рационального природопользования.

Для выполнения поставленных задач природоохранные органы собирают информацию по всем аспектам жизнедеятельности территории и для повышения эффективности работы вынуждены вести компьютерные базы данных, создавать информационные системы.

Типовая территориальная информационная система выполняет следующие функции:

- осуществляет автоматизированный сбор экологических данных;
- проводит систематизацию, хранение, обновление данных;
- выполняет обработку данных, моделирование и прогнозирование состояния окружающей среды;
- организует представление данных и их комплексирование.

В соответствии с этим общая структура информационной системы показана на рис. 4.1. Пользовательский интерфейс дает доступ к системе на всех уровнях сбора, обработки, хранения, комплексирования данных. Для того, чтобы система начала работать, ее нужно наполнить следующей информацией:

- географическое описание природных комплексов;
- географическое описание объектов жизнедеятельности населения (инженерной инфраструктуры, заводов, зданий и т. п.);
- данные о состоянии природных сред;
- данные о населении, проживающем на подведомственной территории;
- характеристики объектов жизнедеятельности населения (инженерной инфраструктуры, заводах, зданиях и т. п.).

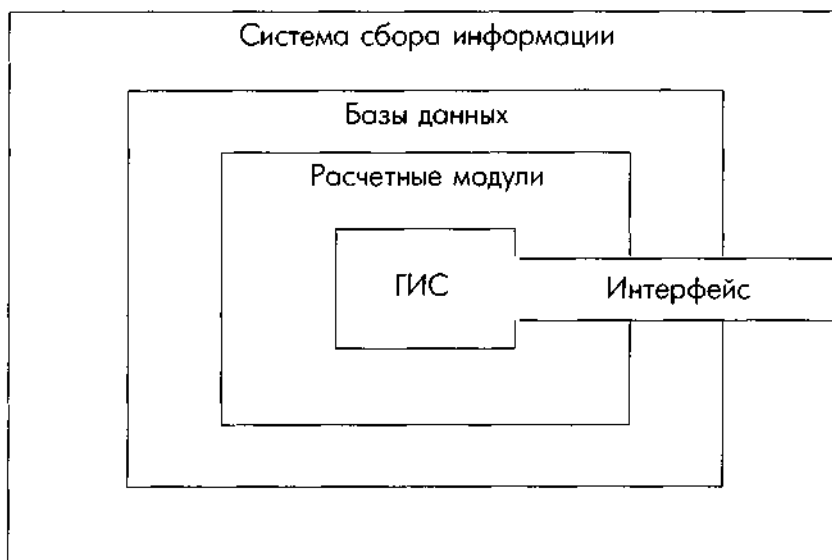


Рис. 4.1

В систему заносятся только данные, имеющие отношение к формированию качества окружающей среды на подведомственной территории, иначе система стала бы необозримой. Исходная и текущая информация поступает из т. н. внешних и внутренних источников.

Внешними источниками информации являются федеральные и региональные архитектурно-планировочные организации, органы здравоохранения, санитарного надзора и гидрометслужбы, службы гражданской обороны и чрезвычайной ситуации, органы исполнительной власти, население.

Внутренними источниками информации в системе являются данные городской системы экомониторинга, инспекционных, лицензионных и других служб природоохранного органа.

Рассмотрим теперь подробнее состав и функции каждого блока системы (рис. 4.1).

Система сбора данных содержит правила сбора данных, утвержденные нормативными документами федерального или регионального уровня и обязывающие основных природопользователей регулярно передавать информацию в информационные службы природоохранного органа. Технические средства контроля качества окружающей среды не входят в состав системы и только передают в нее информацию. Собранная информация собирается в банки данных. В системе предусмотрены следующие банки данных:

- банк данных по объектам территории округа и природным комплексам. Содержит описание характеристик предприятий по принятым классификаторам. Описание одного из банков данных приведено в [31].

- банк нормативно-справочной информации. Предполагает наличие следующих баз данных:

- база законодательных документов по природопользованию, включающая федеральные, региональные, местные законы, постановления, распоряжения;

- база данных нормативов содержания загрязняющих веществ, включающая все имеющиеся сведения о принятых санитарно-гигиенических нормативах, предельно допустимых концентрациях содержания различных веществ в атмосферном воздухе населенных мест, воздухе рабочей зоны, поверхностных водах питьевого и рыбохозяйственного назначения, почве и продуктах питания;

- база данных об экологическом состоянии территории и природных сред, получаемых от природопользователей и системы экомониторинга;

- база данных о населении;

- банки данных, содержащие дополнительные сведения, специфические для данной территории.

Блок расчетных модулей типовой информационной системы содержит пакеты прикладных программ:

- расчет переноса загрязнений от точечных источников по методике ОНД-86, а также по моделям, учитывающим рельеф и метеобстановку;

- расчет переноса загрязнений от автотранспорта;

- расчет переноса загрязнений в водных объектах;

- расчет экономического ущерба, платежей, штрафов.

Результаты перечисленных выше видов расчетов используются в отделах лицензирования, инспекциях. Этот блок может быть дополнен программами расчета интегральных оценок качества окружающей среды, рассмотренными в главе 2.

Возможно включение в этот блок моделирования чрезвычайных ситуаций, хотя, скорее, это задача территориальных отделений Министерства по чрезвычайным ситуациям.

Блок комплексирования и представления информации содержит пакеты прикладных программ представления результатов анализов,

расчетов в виде таблиц, графиков, диаграмм, а также в графическом виде. Блок содержит геоинформационную систему (ГИС). Для работы ГИС создаются базы картографических данных территории, комплекс программ обработки служебной информации, например, аэрофотоснимков. Наконец, пользовательский интерфейс представляет комплекс системных программ, позволяющий каждому пользователю в соответствии с его приоритетом обратиться в систему и получить по запросу необходимую справку. Для этой цели целесообразно использовать уже существующие средства общения, например, Интернет.

В целом информационная система будет эффективной в том случае, если информация будет постоянно обновляться, если будет предусмотрена возможность включения в нее новых программных модулей, если будет поддерживаться для всех пользователей единый стандарт данных. Система должна быть совместима с действующими в мире стандартами хранения данных, работать в многопользовательском режиме, в современной операционной среде типа Windows. Первая очередь системы, состоящая из нескольких баз данных, уже разработана и установлена в 8 из 10 территориальных отделений Москомприроды.

4.3. Оценка воздействия на окружающую среду промышленных объектов

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) является необходимым этапом проектирования следующих типов объектов промышленности и строительства: нефтеочистные заводы, тепловые электростанции мощностью не менее 300 мегаватт, атомные электростанции и установки для производства, обогащения ядерного топлива, переработки радиоактивных отходов, металлургические предприятия, химические предприятия, производства, использующие асбест, автомагистрали, аэропорты, трубопроводы, торговые порты, плотины, водохранилища, предприятия по забору подземных вод мощностью не менее 10 млн. куб. м в год. ОВОС обязателен при организации таких видов деятельности, как производство целлюлозы и бумаги, извлечение и обогащение руд, добыча нефти, вырубка леса, складирование нефтепродуктов и химических продуктов.

ОВОС оформляется как отдельный том проекта. Целью выполнения ОВОС является получение количественных и качественных оценок и тенденций изменения качества окружающей среды во время строительства и всего жизненного цикла проектируемого объекта. Если изменения не превосходят некоторый допустимый предел, то строительство объекта допускается, иначе проект либо отклоняется, либо корректируется. Рассмотрение и согласование ОВОС проводится экспертной комиссией комитета охраны природы. ОВОС состоит из пяти этапов:

1. Разработка концепции намечаемой деятельности;
2. Определение воздействия на окружающую среду;
3. Выявление экологических последствий;
4. Корректировка проекта;
5. Заявление об экологических последствиях.

В соответствии с инструктивными документами результаты ОВОС оформляются в виде следующих документов:

- Уведомление о намерениях (УН);
- Заявление о воздействии на окружающую среду (ЗВОС);
- Протокол обсуждения ЗВОС;
- Заявление об экологических последствиях (ЗЭП).

Рассмотрим содержание этапов ОВОС.

Целью первого этапа проведения работ является информирование общества (через средства массовой информации) о намечаемых действиях заказчика на строительство объекта. В концепции описывается цель строительства объекта, существующие сырьевые и энергетические базы, инфраструктура региона. Подготовленный таким образом документ - «Уведомление о намерениях» - является основанием для дальнейших этапов ОВОС.

Целью второго этапа является выявление всех возможных воздействий объекта на окружающую среду с учетом природных условий конкретной территории. Вначале дается общее описание места проектируемого объекта в окружающей среде, его взаимосвязи с региональными схемами развития охраны природы, общего градостроительного планирования. Дается количественная оценка используемых природных ресурсов с учетом альтернативных вариантов, анализ транспортных возможностей перевоза сырья, продукции, отходов, оцениваются мощности очистных сооружений и установок переработки отходов.

Составляется характеристика природной среды, земельных ресурсов, геологических, гидрогеологических факторов, климата, биоразнообразия, хозяйственной деятельности человека на территории. На этом же этапе оценивается обоснованность географического размещения объекта, дается сравнительный анализ альтернативных вариантов размещения площадей для хранения и переработки отходов. Проводится анализ уровня антропогенной нагрузки на окружающую среду, природные комплексы, селитебные территории, анализ расхода невозобновляемых природных ресурсов, оценка существующих источников антропогенного воздействия.

Важной составной частью ОВОС является анализ технологий, используемых на объекте, с точки зрения их влияния на окружающую среду.

На основе анализа определяются наиболее узкие с экологической точки зрения технологические участки, определяющие экологические параметры всей технологии. При этом производственные блоки в их воздействии на окружающую среду рассматриваются в стадиях пуска, производственной работы, консервации и ликвидации в режимах нормальной и аварийной работы на каждой стадии. Для анализа воздействия технологии на окружающую среду представляются их подробные описания (технологические паспорта).

Полученные, собранные и систематизированные данные позволяют установить уровень изменения качества окружающей среды, построить распределение уровней загрязнений природных сред в районе объекта, составить карты интегральных оценок воздействия на окружающую среду. Расчеты выполняются с помощью утвержденных Роскомприродой методик и пакетов прикладных программ. Расчетным путем устанавливается интенсивность воздействия предприятия на окружающую среду, его периодичность, длительность, пространственные границы, критерии изменения

качества окружающей среды, например, по формуле $P = \log(D - E) / \alpha$, где P - критерий изменчивости, E - численная характеристика нормального (равновесного) состояния природной среды, D - численная характеристика фактического состояния, α - коэффициент пропорциональности, определяющий максимально возможные значения P .

Если количественный расчет критерия невозможен, допускается качественная оценка воздействия объекта на окружающую среду с категориями «очень слабое», «слабое», «среднее», «сильное», «очень сильное». Документально результаты второго этапа представляются в виде т. н. "Заявления о воздействии на окружающую среду" и представляются в государственные органы власти, средства массовой информации для общественности и населения.

Третий этап проведения ОВОС касается социально-экономических последствий строительства объектов. Под социальными имеется в виду вынужденная смена места жительства и работы, ухудшение здоровья населения, изменение традиционных форм занятости, потеря прежних мест отдыха, нарушение границ и условий существования заповедников, повреждение этнических, исторических, культурных памятников. Экономические последствия определяются исходя из социальных и на основании расчетов второго этапа. Третий этап выполняется обычно путем создания экспертных советов, проведения семинаров, общественных слушаний. Результаты их работы должны быть сформулированы в письменном виде, содержать рекомендации - либо продолжать с учетом замечаний, либо

возвратить на доработку, либо приостановить до проведения дополнительных исследований.

На четвертом этапе ОВОС происходит доработка проекта с учетом сделанных замечаний.

Наконец, на пятом этапе по результатам предыдущих этапов, а также возможных дополнительных исследований оформляется т. н. «Заявление об экологических последствиях», содержащее основные результаты исследований, проведенных на всех этапах ОВОС, выводы, сделанные на их основе, а также в результате работы экспертов и общественности, окончательные выводы о влиянии строительства объекта на окружающую среду и социально-экономические условия проживания населения, заявление содержит и гарантийные обязательства заказчика по соблюдению сформулированных в проекте норм и правил.

Документация ОВОС является неотъемлемой частью проекта в целом и, в случае необходимости, используется для решения спорных вопросов в установленном законом порядке.

Изложенная выше процедура ОВОС описана в нормативных документах. К сожалению, имеющиеся методические рекомендации зачастую расплывчаты, содержат пересекающиеся и противоречивые положения. По мере накопления опыта в России документы будут скорректированы.

4.4. Оценка риска здоровью населения в результате загрязнения окружающей среды

Риск определяется как вероятность возникновения неблагоприятного для человека эффекта и выражается в процентах или долях единицы. Оценка риска является одной из актуальных проблем современной науки. Работы отечественных и зарубежных авторов по этому вопросу обобщены в [35], а здесь кратко изложены основные положения этой работы. Согласно отчету Комиссии экспертов ВОЗ «Критерии и показатели качества воздуха для загрязнителей воздуха городов», степень влияния качества воздуха на человека может колебаться от смертельного до относительно безопасного уровня. Всего различают пять уровней биологических ответов на загрязнение: повышение смертности, заболеваемости, функциональных изменений, превышающих и не превышающих физиологическую норму, и относительно безопасный.

В соответствии с нормативными документами Минздрава различается пять уровней загрязнения воздуха для одного вещества третьего класса опасности и группы из n вещества по индексу P :

$$P = \sum_n \frac{C_i}{P_i},$$

где C_i - концентрация i -го вещества с некоторым периодом осреднения, P_i - ПДК i -го вещества для того же периода. Показатели уровня загрязнения приведены в табл. 4.1, 4.2, 4.3.

Таблица 4.1

Показатели уровня загрязнения атмосферного воздуха для веществ 3-го класса опасности

Уровень загрязнения воздуха	Кратности превышения ПДК
Допустимый	<1
Слабый	>1 - 2
Умеренный	>2 - 4
Сильный	>4 - 8
Очень сильный	>8

Таблица 4.2

Показатели уровня суммарного загрязнения атмосферного воздуха при разном числе загрязняющих веществ (по индексу Р)

Уровень загрязнения воздуха	Величина индекса Р при числе веществ загрязнения воздуха			
	2 - 4	5-9	10- 20	>20
Допустимый	≤2	≤3	≤4	≤5
Слабый	>2 - 4	>3 - 6	>4 - 8	>5 - 10
Умеренный	>4 - 8	>6 - 12	>8 - 16	> 10 - 20
Сильный	>8 - 16	> 12 - 24	> 16 - 32	>20 - 40
Очень сильный	>16	>24	>32	>40

Таблица 4.3

**Критерии оценки среднегодового загрязнения
атмосферного воздуха**

Уровень загрязнения воздуха	Величина индекса при числе веществ, загрязняющих воздух				
	1	2-4	5- 9	10- 16	>16
Допустимый	1	2	3	4	5
Чрезвычайная экологическая ситуация	8-16	> 16-32	>32-48	>48-64	>64-80
Экологическое бедствие	>16	>32	>48	>64	>80

При расчетах рисков обычно исходят из предположения, что токсичность загрязняющих веществ при низких уровнях концентрации прямо пропорциональна этой концентрации. Предполагается также, что вероятность токсических воздействий (токсических эффектов) на живой организм тем больше, чем дольше время контакта. Таким образом, для установления токсичности загрязняющего вещества нужно знать его концентрацию и время нахождения в организме. Предполагается, что если в момент времени t_0 концентрация вещества в организме была C_0 , то в момент времени $t > t_0$ концентрация C_t определяется из уравнения:

$$C_t = C_0 t^{-\lambda(t-t_0)},$$

где λ - постоянная, связанная со временем T «половины жизни» вещества в организме соотношением $T = \lambda / 0,693$. Приведенное выражение подтверждается экспериментальными данными. На основании этого уравнения предлагается следующее уравнение для расчета риска:

$$Risk = 1 - e^{-UR \cdot C},$$

где $Risk$ - вероятность (в долях единицы) возникновения эффекта от воздействия загрязняющего вещества при заданных начальных условиях; C - концентрация вещества в организме (среда); UR - единица риска, определяемая как фактор пропорции роста риска в зависимости от дозы.

Один из методов расчета UR основан на данных о степени нарушения здоровья при изменении уровня загрязнения воздуха. Проще говоря, если для некоторой концентрации C_i известна вероятность заболевания (в долях единицы), то UR определится как

$$UR = -\ln(1 - Risk)/C_i.$$

Очевидно, что значение UR будет различным для различных загрязнителей.

Другой способ предполагает непосредственный расчет значения UR для каждого вещества по его пороговым концентрациям. В качестве пороговых концентраций $C_{пор}$ принимаются минимальные концентрации вещества, вызывающие негативный токсический эффект с вероятностью не менее 16%. Максимальные разовые концентрации связаны с пороговым соотношением

$$ПДК_{MP} = \frac{C_{пор}}{K_3},$$

где K_3 - коэффициент запаса, равный 7,5 для вещества первого класса опасности, 6 - для вещества второго класса, 4,5 - для третьего класса и 3 - для 4 класса. Задав в уравнении риска $C=C_{пор}$ Risk-0,16, получим

$$e^{-URC_{пор}} = 0,84 \quad \text{и} \quad UR = \frac{-\ln 0,84}{ПДК_{MP} K_3}$$

Нужно отметить, что точность расчета UR зависит, прежде всего, от объема и точности обработки статистических данных по заболеваемости, уровня загрязнения среды и коэффициентов корреляционных зависимостей «доза - болезнь». Необходимую точность удастся достичь очень редко и в простейших случаях, например, для поселка или небольшого города, где находится 1-2 крупных завода. Для мегаполисов, таких как Москва, выявление зависимостей типа "доза - болезнь" требует частого непрерывного и длительного измерения уровней загрязнения и заболеваемости.

Важным прогнозным показателем риска для здоровья населения является вероятное время наступления эффекта токсического воздействия. Если предположить, что время T наступления эффекта токсического воздействия обратно пропорционально концентрации вещества, отнесенной к гигиенической норме, то его можно рассчитать по формуле:

$$T = T_0 \frac{ПДК_r}{C^b},$$

где T_0 - время наступления эффекта токсического воздействия, если текущая концентрация не превышает $ПДК_r$ - среднегодовую предельно-допустимую концентрацию вещества; C - осредненная концентрация вещества в атмосферном воздухе за предыдущий период; b - коэффициент изозффективности, определяемый как результат экспериментальных статистических исследований.

Используя расчетные значения риска и времени наступления эффекта токсического воздействия, можно планировать выполнение природоохранных мероприятий. Как уже указывалось выше, в расчетах риска и времени есть большой процент неопределенности и точность вычисления риска может быть повышена, если корректировать коэффициенты уравнений, используя результаты статистической обработки экспериментальных данных и данных экологического мониторинга. На основании фактического материала о заболеваемости и загрязнении можно рассчитать т. н. атрибутивный риск, определяемый как:

$$AP = - \frac{Q(OP)}{Q(OP-1)} + 1,$$

где OP - относительный риск (отношение показателей заболеваемости в группе лиц, подвергающихся воздействию изучаемого фактора загрязнения, к тем же показателям у группы, свободной от воздействия фактора загрязнения). Единица в знаменателе добавлена для устранения неопределенности. $Q < 1$ - измеренный риск в популяции.

Зная прогнозируемый риск и атрибутивный риск для статистически достоверной выборки представителей, можно рассчитать коэффициенты популяции g и по известным формулам математической статистики коэффициент определения $R=g^2$. Тогда реальный риск RR определится как $RR=Risk \times R$.

В программном комплексе «ЗОНА» [30] есть пакет прикладных программ ЭКОМЕД, с помощью которого можно оценить риск здоровью населения на исследуемой территории.

В зависимости от суммарного индекса загрязнения атмосферного воздуха P , риска RR , ожидаемого времени наступления T эффекта токсического воздействия предлагается ввести семь уровней качества жизни - от комфортного до катастрофического, показанных в табл. 4.4.

Таблица 4.4.

Уровень качества жизни		P	RR%	T (годы)
A	комфортны	0	0	не опр.
B	благоприятны	0-1	0-2	70
C	удовлетворит.	1-2	2-10	25-70
D	неудовлетворит.	2-4	10-16	7-25
E	опасный	4-8	16-84	4-7
F	очень опасный	8-16	84-98	1-4
G	катастрофический	>16	>98	1

Предложенные критерии качества жизни в зависимости от качества атмосферного воздуха так же, как и рассмотренные в главе 2, имеют, в основном, одни и те же недостатки. Они обладают невысокой точностью для изучения негативного влияния одного вещества на здоровье, которая быстро падает при переходе к нескольким ингредиентам. Например, если для одного вещества ошибка равна 20%, то для двух ошибка будет 40% и т. д. Поэтому, как показывают результаты эколого-медицинских исследований [13, 34], основным практическим инструментом пока остается мониторинг и статистическая обработка результатов.

4.5. Пакеты программ для расчета полей загрязнения атмосферы города

Построение полей загрязнения атмосферы на городских территориях необходимо для хозяйственной и строительной деятельности. Эту задачу можно решить множественными непосредственными измерениями в городе, а также с помощью методов и программ моделирования.

Если бы можно было поставить в каждую точку территории измерительную аппаратуру, то моделирование было бы ненужным. Но это слишком дорого, а иногда в принципе невозможно, поэтому моделирование оказывается экономически целесообразным, а иногда и единственно возможным способом построения полей загрязнения территории.

Моделированию переноса загрязнений в городах посвящено множество работ отечественных и зарубежных специалистов. Наиболее распространена следующая методика построения полей загрязнений.

Для городской территории описываются характеристики основных источников выбросов - ТЭЦ, РТС, заводов, автотрасс и т. п. Описывается городской ландшафт, параметры застройки, метеорологическая ситуация. Используя специальные формулы расчетов рассеивания примесей в атмосфере, вычисляют концентрации загрязняющих примесей в каждой точке и строятся поля загрязнений. Модели и программы расчета по данной методике называются обычно экстраполяционными.

Для оперативных расчетов полей загрязнений атмосферы можно использовать также следующую методику. В некоторых точках города с помощью стационарных автоматических станций измеряются концентрации загрязняющих примесей в воздухе. Затем с учетом городского ландшафта и метеобстановки рассчитываются значения концентраций примесей в точках, расположенных между каждыми двумя близлежащими станциями. На основании расчетных и реальных данных строятся поля загрязнений. Так как для расчета используются методы интерполяции, то модели и программы называются интерполяционными.

Большое практическое значение имеет и решение обратной задачи, при которой по данным предельным концентрациям определяется мощность источника, дающего такие значения. Обратная задача решается при расчете т. н. ПДВ - предельно допустимых выбросов предприятий, на основании которых в России устанавливаются размеры платежей в экологические фонды.

Рассмотрим математические аспекты, а также вопросы точности различных моделей.

В экстраполяционных моделях расчет рассеивания от точечных источников строится на базе т. н. уравнений баланса. Суть уравнения баланса можно иллюстрировать простым примером. Пусть внутри объема V , например, шара, с поверхностью S находится источник вещества с удельной концентрацией a и скоростью притока e . Обозначим скорость движения вещества по нормали к поверхности пространства (шара) через A , элемент объема - через dV , а элемент поверхности - dS . Тогда процесс рассеивания в пространстве описывается простым уравнением [36].

$$\int_V \frac{dp\alpha}{dt} dv = \oint p a A_n dS + \int e a dV$$

Объемный интеграл в левой части уравнения задает скорость изменения количества вещества в данном объеме (ρ - удельная плотность вещества). Первый интеграл в правой части есть полный поток вещества через поверхность S , а второй интеграл - приток вещества в объеме V .

С этим уравнением можно проводить преобразования с целью учета реальных условий города. Можно задавать разные скорости пере-

носа по разным направлениям, имитируя ветер, можно вводить турбулентность, имитируя рельеф, можно вводить т. н. коэффициенты шероховатости подстилающей поверхности. Так как прямое вычисление интегралов весьма трудоемко, используются косвенные методы, такие как различные численные модели, стохастическое моделирование методом Монте-Карло и т. д.

Точность всех типов моделей определяется масштабом и точностью описания исходных и граничных условий. Масштаб модели - это та единица общей территории, относительно которой определяется концентрация. Если это десятки и сотни квадратных метров, то говорят о микромасштабе, если квадратные километры, то это мезомасштаб, а если десятки квадратных километров, то макромасштаб.

На моделях макромасштаба легче достигается высокая точность. Содержательно в этом случае как бы рассматривается ровная гладкая поверхность, и на большой высоте, такой, что можно пренебречь шероховатостью поверхности, находится единственный источник выбросов. Модель будет простой, и точность ее будет высокой. Если же рассматривается город и источник выбросов находится на небольшой высоте, то для достижения высокой точности необходимо учитывать турбулентность, возникающую в уличных каньонах, вокруг домов, складках естественного рельефа, т. е. модель будет усложняться.

Для того, чтобы в реальном времени с помощью экстраполирующих моделей в масштабах большого города проводить расчеты переносов загрязнений в атмосфере даже от стационарных источников, нужно знать текущие значения выбросов в атмосферу и направление ветров в микромасштабе. Для города, имеющего сотни источников выбросов, а в Москве сто одиннадцать тысяч источников выбросов, 12 ТЭЦ и 48 РТС, не считая средних и мелких предприятий и заводов, получение такой информации стоит дороже, чем установка в городе десятка стационарных автоматических станций контроля атмосферного воздуха. Это не означает, что экстраполяционные модели расчета не имеют практического значения. Они могут быть полезны при стратегическом планировании городской застройки, для расчета различных вариантов прокладки автотрасс, строительства новых городских объектов, но не для оперативных расчетов полей загрязнений.

К числу наиболее известных методов расчета распространения примесей в атмосфере относятся модели, основанные на гауссовском (нормальном) распределении случайных величин. В России к этому классу относится методика ОНД-86, признанная нормативным документом для расчета ПДВ. Многочисленные эксперименты показывают, что она может использоваться лишь для оценки максимально возможной наземной концентрации примесей при наихудших условиях рассеивания.

Для учета рельефа, вертикального профиля температуры, других метеоусловий разрабатываются более сложные модели, такие как гидротермодинамическая модель программного комплекса «ЗОНА». Не вдаваясь в детали описание модели, укажем, что она получила распространение в России, прежде всего, потому, что была доведена до программной реализации с полным комплектом документации. В то же время и по отношению к модели «ЗОНА» вопросы адекватности ее реальным полям загрязнений в условиях плотной городской застройки и сложной микрометеорологии остаются открытыми. Вариант модели «ЗОНА» для автомобильного транспорта в настоящее время проходит апробацию в Москве. Известны и другие модели переноса, такие как модель А. П. Курковского [37], модель фирмы «ИНДИК» (Швеция) и т. п. Их адекватность реальной городской ситуации остается пока недоказанной.

Интерполяционные модели, как уже указывалось выше, в качестве исходных данных используют реальные значения концентраций примесей в заданных точках.

Значения концентрации примесей между заданными точками вычисляются по формулам интерполяции. Чаще других используется линейная интерполяция:

$$f(n+x) = \left(1 - \frac{x}{l}\right)f(n) + \frac{x}{l}f(n+l),$$

где $f(n)$ - значение функции в точке n , l - расстояние между исходными точками, $f(n+l)$ - значение функции в другой исходной точке, $f(n+x)$ - значение функции в точке, отстоящей на расстояние x от точки n .

Средняя квадратичная ошибка линейной интерполяции определяется формулой.

$$E = \frac{x}{l}b(l-x) + \left(1 - \frac{x}{l}\right)b(x) - \frac{x}{l}\left(1 - \frac{x}{l}\right)b(l),$$

где $b(l)$ - структурная функция рассматриваемого параметра:

$$b(l) = (f(n) - f(n+l))^2$$

Методы интерполяции хорошо работают в сплошных однородных средах, например, в неподвижной толще воды. В городе, где между двумя точками измерения может находиться автотрасса, или труба завода, механическое применение методов интерполяции может дать абсурдные результаты. Методы интерполяции, учитывающие неоднородность рельефа, наличие промежуточных источников выбросов, автору неизвестны.

Таким образом, чтобы дать рекомендации- по применению той или иной модели необходимо статистически достоверное их тестирование. Как правило, на него нет ни времени, ни денег, поэтому достоверность моделей пока все-таки остается вопросом веры.

Заключение

Основной целью книги было определение тех областей управления качеством окружающей среды в городах, где можно формализовать понятия, разработать алгоритмы и модели управления. В заключении коснемся неформальных факторов управления качеством окружающей среды.

Экология городов затрагивает все сферы жизни, включая политику и экономику. Качество окружающей среды есть результат хозяйствования, городского управления, политической деятельности. Конечно, не существует полностью формального алгоритма управления человеческим обществом, но управляемость общества бесспорна и правила управления людьми разрабатывались, совершенствовались на протяжении всей истории человечества.

В свою очередь, хозяйством, политикой общества управляет небольшая группа людей. И от того, какие это люди, зависит судьба общества, экологическая обстановка в городах и селах.

Известно, что людей можно разделить по типу поведения и способу мышления на две категории: бизнесмены и стейтмены (государственные люди, государственники). Бизнесмен - это человек, ставящий главной целью своей деятельности извлечение максимальной личной прибыли. Стейтмен стремится к достижению лучших условий жизни для руководимого им коллектива. Конечно, это деление весьма условно, но оно согласуется с повседневным жизненным опытом от детского сада до дома престарелых. При этом бизнесмен может работать и научным сотрудником, а стейтмен быть хозяином магазина. Ярким примером бизнесмена являлся госслужащий - начальник тюрьмы Древнего Рима, который был в доле со своими подопечными и выпускал их по ночам на промысел. В любом государстве во всех эшелонах власти есть люди и того и другого типа, находящиеся в постоянной борьбе между собой. Если верхний эшелон состоит исключительно из стейтменов, то государство становится жестко тоталитарным (СССР, КНДР), в нем трудно жить предприимчивым людям.

Что же произойдет, если к власти в государстве придут исключительно бизнесмены? Основной задачей государства является защита человека от человеческого произвола. Государство создает систему социального регулирования, при которой старикам и слабым оказывают поддержку, выделяет средства на функционирование социальных институтов. Но это противоречит природе бизнесмена, уменьшает его личную прибыль, поэтому бизнесмен, пришедший к власти, превращает ее в инструмент личной наживы. Социальные институты государства (армия, суды, неприватизированная промышленность, система социального страхова-

ния) не получают ни поддержки, ни развития и постепенно погибают. Ветшают и разрушаются коммунальные службы, деятельность населения приобретает стихийный, неуправляемый характер. В опасном положении оказывается экология. Яркое подтверждение тому - переходный период, в который попала Россия в 90-е гг. К власти пришли бизнесмены, и проблемы экологии заняли отнюдь не первое место в решении государственных программ.

В средствах массовой информации практически не осталось места для анализа экологической ситуации, зато катастрофически возрос процент рекламы и лжи, что вполне соответствует закону торговли: не обманешь - не продашь и закону уголовного мира: понт дороже денег (в остальных странах бизнес и криминал часто идут рядом). Бизнесмены делают из бывших комсомольских и лагерных запевал музыкальную душу России, из посредственных писателей - нобелевских лауреатов, выгодно продают это все на стадионах публике. Но с помощью рекламы и взяток нельзя сделать здоровую окружающую среду.

Ярким примером различного подхода к государственным проблемам может служить сложившаяся в Москве и Московском регионе ситуация с вывозом и переработкой бытовых отходов.

В 90-е гг. благодаря усилиям бывшего Департамента инженерного обеспечения правительства Москвы начала создаваться единственная в России индустриальная база переработки бытовых отходов, включающая 3 мусоросжигательных завода, 6 мусороперегрузочных станций, 2 современных обустроенных полигона. Одновременно с этим активно внедрялись рыночные механизмы вывоза отходов и ответственность за вывоз была возложена на префектуры. Создание индустриальной базы привело к естественному повышению цен на утилизацию мусора, но государственная политика правительства Москвы обеспечивала устойчивое развитие региона. Одновременно в Московской области шел процесс неразумной приватизации, в результате которого частные предприниматели получили в бесконтрольное пользование участки земли и организовали на них необорудованные свалки. При попустительстве местных властей начался вывоз московского мусора на неподготовленные свалки. Всего вокруг Москвы их сейчас около 200. Цена захоронения на них в 5-7 раз ниже, чем на специально оборудованных полигонах. Поэтому созданная индустриальная база осталась без загрузки, а 200 свалок отравляют грунтовые воды, почву, воздух и Москва и Подмосковье уже в ближайшие годы окажутся в районе экологического бедствия.

Достоверность статистических данных в экономике даже в СССР всегда вызывала сомнения, а уж в постсоветской России, где не налажена пока система статучета, а имеющаяся используется как инструмент политической борьбы, достоверная оценка состояния страны может быть

получена только как результат комплексного анализа. И здесь очень важны экологические данные, т. к. иметь точные знания о состоянии окружающей среды у себя в городе, поселке хочет каждый. В процессе социальных и экономических реформ, преступной приватизации качество окружающей среды меняется следующим образом: в начале перестройки оно резко ухудшается, т. к. при том же темпе работы промышленности падает технологическая и трудовая дисциплина. Затем, по мере остановки производств, состояние среды улучшается, т. к. сокращаются выбросы в воздух, воду и почву. Когда, наконец, инстинкт самосохранения в обществе берет верх, начинается минимальное оживление производства на устаревшем оборудовании и, соответственно, увеличение выбросов в окружающую среду. Одновременно ускоряется процесс разрушения брошенного производства, значительно увеличивается загрязнение почвы, территории, водных объектов.

К сожалению, пришедшие к власти в России бизнесмены успешно развалили созданную ранее в Госкомгидромете систему экологического мониторинга. Так, в Москве из 26 работавших станций контроля атмосферного воздуха осталось 8, да и те безнадежно устарели. Не развивается федеральная система экомониторинга ни в одном из российских городов. Соответственно и ежегодный государственный доклад о состоянии окружающей среды из года в год выхолащивается и напоминает сборник экологических анекдотов.

Опыт других стран показывает, что эффективная система экологического мониторинга в основном состоит из муниципальных средств контроля качества воды, воздуха, почвы и лишь дополняется федеральными средствами контроля. Анализ экологической обстановки в Москве, изучение государственных докладов о состоянии окружающей природной среды в России за последние годы, статистических справочников позволяет сделать следующие выводы и прогнозы. Качество окружающей среды, и, прежде всего, атмосферного воздуха, в крупных городах России стабилизировалось и практически за последний год не ухудшилось. Это говорит о том, что развал промышленности либо замедлился, либо прекратился. Поэтому можно ожидать оживление производства начиная с 1998 г. и повторное ухудшение экологической обстановки в России с 2000 г. Тогда же проблема качества окружающей среды по опросам общественного мнения переместится с пятого-шестого места, как сегодня, в тройку лидеров.

Дальнейшее развитие экологической обстановки в стране будет зависеть от того, удастся ли здоровым силам общества убрать с руководящих должностей государства бизнесменов и заменить их государственниками. Если это удастся, то экономическое развитие будет идти более медленно, но и качество окружающей среды не будет существенно ухуд-

шаться, а затем вновь начнет улучшаться. Иначе нас ждет жизнь на индустриальной развивающейся помойке, с которой все более или менее ценное будет уходить соседям. Рост производства в этом случае будет сопровождаться быстрым загрязнением, прежде всего, водных объектов и территории, качество же атмосферного воздуха ухудшится незначительно и скорее в локальных районах. Важнейшей проблемой атмосферного воздуха городов останется пыль, регулярный контроль за которой в российских городах отсутствует.

Таким образом, ожидающееся оживление производства в России может быть свидетельством как выхода из кризиса, так и окончательной колонизации и развала государства. Уже в ближайшие годы экологическая обстановка в городах России станет важнейшим, если не единственным показателем социально-экономического благополучия страны и направления ее развития.

Литература

1. Всемирная история в 10-ти т. Под ред. Жукова Е. М. М., Мысль, 1965
2. История Москвы в 6-ти т.- М., Академия наук СССР, 1 953.
3. Фальковский Н. И. Москва в истории техники. М., Московский рабочий, 1950.
4. Промыслов В. Москва, свершения и планы. М., Прогресс, 1994.
5. Лужков Ю. М. Мы дети твои, Москва. М., Вагриус, 1996.
6. Филатов Н. Н. Мониторинг здоровья населения Москвы//Тезисы докладов участников 2-ой международной конференции «Проблемы управления качеством окружающей среды городов». М., Прима-Пресс, 1996.
7. Моисеев Н. Н. Восхождение к разуму. М., Излат., 1993.
8. Клинг А., Шнайдер Б. Первая глобальная революция// Доклад Римского клуба. М., Прогресс, 1991.
9. Маркович Д. Социальная экология. Завод за учебнике и наставна средства. Београд, 1994
10. Экологический словарь. М., Конкорд Лтд. - Экопром., 1993.
11. Рыбальский Н. Г. и др. Экология и безопасность. Справочник в 3-х т. М., ВНИИПИ, 1993.
12. Безопасность жизнедеятельности. Конспект лекций. Ч. 1,2. Под ред. С. В. Белова. М., Всесоюзная ассоциация специалистов по охране труда, 1993.
13. Тезисы докладов участников научно-практической конференции Юго-Восточного административного округа «Экологические проблемы крупных административных единиц мегаполисов». М., Прима-Пресс, 1997.
14. Красилов В. А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. М., Изд-во Института охраны природы и заповедного дела, 1992.
15. Черняев А. Ф., Тарасова С. В. Диалектика пространства. С.-П., Изд-во МАИ, 1994.
16. Тезисы докладов участников 3-й международной конференции «Проблемы управления качеством окружающей среды». М., Прима-Пресс, 1997.

17. Воробейник Е. Л, Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург, УИФ «Наука», 1994.
18. Исакович Р. Я. Технологические измерения и приборы. М., Наука, 1970.
19. Тихомиров Н. П. Социально-экономические проблемы защиты природы, М., Экология, 1992.
20. Бурьян В. И., Глаголев В. И., Матвеев В. В. Основы теории измерений. М., Атомиздат, 1997.
21. Временные методические указания по обоснованию предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. № 4681-88 от 15.07.1988.
22. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89. М., Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. Министерство здравоохранения СССР, 1991.
23. Радиация. Дозы, эффекты, риск. М., Мир, 1990.
24. Roder D. Griffin Principles of Air quality management. Lewis publishers, 1994.
25. Пупырев Е. И. Система экомониторинга Москвы (состояние и перспективы). Экология большого города. Альманах. М., Прима-Пресс, 1996.
26. Беляев И. П., Пупырев Е. И. Индикаторы качества окружающей среды. Экология большого города. Альманах, М., Прима-Пресс, 1 996.
27. Ишков А. Г. Экологическая обстановка в Москве. Город, реформы, жизнь. М., Интерграф Сервис, 1995.
28. Охрана окружающей среды. Под ред. С. В.. Белова. М., Высшая школа, 1991.
29. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Москвы в 1996 году. М., Прима-Пресс, 1997.
30. Гаврилов А. С. Теоретические основы и руководство пользователя ЭПК «ZONE», С.-П., Гидрометеиздат, 1992.
31. Проблемы экологии Москвы. М., Гидрометеиздат, 1 992.
32. Василенко В. Е. Перспективы снижения загрязнения атмосферного воздуха Москвы автотранспортом// Экология и промышленность России, №9, 1 997.

33. Зотов В. Б., Кузьмин А. М., Кузнецов Е. С., Максимов В. А., Васильев В. А., Фролов Ю. Н. Методика и результаты оценки воздействия атмосферного воздействия автомобильного транспорта на загрязнение окружающей среды региона крупного города (на примере города Москвы). М., Прима-Пресс, 1997.
34. Быков А. А., Ушмаева Т. М. Методы анализа влияния промышленных объектов на здоровье населения. М., Изд-во ВЗПИ, 1994.
35. Киселев А. В., Савватеева Л. А. Методические рекомендации по оценке риска здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха. С.-П., Дейта, 1995.
36. Семенченко Б. А., Белов П. Н. Метеорологические аспекты охраны природной среды. М., Изд-во МГУ., 1984.
37. Курковский А. П., Прицкер А. Б. Системы автоматизации в экологии и геофизике. М., Наука, 1995.
38. Владимиров А. М., Ляхин Ю. И., Матвеев Л. Т., Орлов В. Г. Охрана окружающей среды. Л., Гидрометеиздат, 1991. Под ред. С. В. Белова

Содержание

<i>Введение.....</i>	33
<i>Глава 1. Город как среда обитания.....</i>	9
1.1. История и динамика городов.....	9
1.2. Третий Рим	12
1.3. Экологические проблемы современных городов.....	17
<i>Глава 2. Управление качеством окружающей среды в городах.....</i>	23
2.1. Идеи управления качеством окружающей среды.....	24
2.2. Измерение качества окружающей среды.....	29
2.3. Нормирование качества окружающей среды.....	39
2.4. Экологический мониторинг.....	48
<i>Глава 3. Экология и городское хозяйство.....</i>	71
3.1. Система управления городскими отходами.....	71
3.1.1. Общие положения.....	71
3.1.2. Технологии сбора, транспортировки и переработки бытовых отходов.....	82
3.1.3. Удаление и переработка биологических отходов.....	92
3.2. Водное хозяйство Москвы	94
3.3. Управление качеством воды в городах.....	100
3.4. Городской транспорт и экология городов.....	106
<i>Глава 4. Формализация методов управления качеством окружающей среды</i>	113
4.1. Задачи математического моделирования и прогнозирования.....	113
4.2. Типовая информационная система природоохранного органа.....	115
4.3. Оценка воздействия на окружающую среду промышленных объектов..	119
4.4. Оценка риска здоровью населения в результате загрязнения окружающей	122
4.5. Пакеты программ для расчета полей загрязнения атмосферы города...	127
<i>Заключение.....</i>	135
<i>Литература.....</i>	139