

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова»

О. М. Горелова

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Рекомендовано Алтайским государственным техническим университетом им. И. И. Ползунова в качестве учебного пособия для студентов АлтГТУ, обучающихся по специальности 280201 – Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов

Изд-во АлтГТУ
Барнаул 2009

УДК 504.064.48 (075)

Горелова, О. М. Промышленная экология: учеб. пособие / О. М. Горелова; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2009. – 159 с.

ISBN 978-5-7568-0771-4

В учебном пособии дана оценка современной экологической обстановки на урбанизированных территориях России, рассмотрены способы совершенствования производственной и градостроительной деятельности с целью снижения нагрузки на окружающую среду.

В пособии описаны известные на сегодняшний день способы экологизации промышленного производства и оздоровления окружающей среды города, в т.ч. приведены примеры технологических процессов, применение которых снижает негативное воздействие на окружающую среду.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей 280201 – Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, 170500 – Машины и аппараты химических производств. Может быть полезно студентам, аспирантам, научным сотрудникам и практикам, занимающимся проблемами охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Рекомендовано Алтайским государственным техническим университетом им. И. И. Ползунова в качестве учебного пособия для студентов АлтГТУ, обучающихся по специальности 280201 – Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Протокол № 03 от 18 ноября 2009 г.

Рецензенты:

Т. Ф. Свит, д.т.н., профессор кафедры ТНВ (АлтГТУ);

В. Н. Горбачев, к.с.н., заместитель начальника Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Алтайского края;

Н. Н. Горлова, к.т.н., доцент кафедры ЭиОП (АлтГТУ)

ISBN 978-5-7568-0771-4

© Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| Введение..... | 5 |
| 1 Состояние и тенденции изменения экологической обстановки в России..... | 7 |
| 1.1 Экологическая уникальность России..... | 7 |
| 1.2 Техногенное загрязнение территории России..... | 10 |
| 1.3 Причины возникновения и особенности экологических проблем в России..... | 21 |
| 1.4 Экологическая характеристика урбанизированных территорий..... | 23 |
| Контрольные вопросы по разделу 1..... | 25 |
| 2 Концепции совершенствования промышленного производства..... | 25 |
| 2.1 Методы и средства промышленной экологии..... | 26 |
| 2.2 Кооперирование производств на базе комплексной переработки сырья и утилизации отходов..... | 29 |
| 2.3 Конструирование изделий, предполагающее вовлечение их в производственный цикл после физического и морального износа..... | 40 |
| 2.4 Рециклирование материалов..... | 49 |
| 2.5 Влияние способов связывания частей в изделии на эффективность его рециклирования..... | 52 |
| 2.6 Планирование возможности рециклирования..... | 54 |
| Контрольные вопросы по разделу 2..... | 56 |
| 3 Экологизация промышленного производства..... | 57 |
| 3.1 Снижение отрицательного влияния на природную среду горнодобывающей промышленности..... | 57 |
| 3.2 Переработка отходов металлургических производств и тепловых электростанций..... | 70 |
| 3.3 Твердые промышленные отходы радиоактивных препаратов. Их утилизация и возможные варианты переработки..... | 85 |
| 3.4 Переработка, обезвреживание и захоронение токсичных отходов..... | 90 |
| Контрольные вопросы по разделу 3..... | 105 |
| 4 Экологические постулаты формирования благоприятной городской среды..... | 106 |
| 4.1 Город – социально-экономическая система..... | 106 |
| 4.2 Показатели и обеспечение комфортности городской среды..... | 110 |

| | |
|---|-----|
| 4.3 Экологические постулаты – базис формирования среды..... | 119 |
| 4.4 Экологическая инфраструктура города и страны..... | 126 |
| 4.5 Проблемы устойчивости городской среды жизни..... | 139 |
| Контрольные вопросы по разделу 4..... | 144 |
| 5 Экологическое совершенствование урбанизированных территорий..... | 144 |
| 5.1 Сущность экологического совершенствования..... | 144 |
| 5.2 Экологичная реставрация нарушенных ландшафтов..... | 149 |
| Контрольные вопросы по разделу 5..... | 157 |
| Заключение..... | 158 |
| Литература..... | 159 |

ВВЕДЕНИЕ

«Основные потребности человека удовлетворяются только с помощью товаров и услуг, предоставляемых промышленностью ..., способной как обеспечить экологическое равновесие, так и разрушить его, что она постоянно и делает».

Всемирная Комиссия по окружающей среде и развитию, 1987

Уровень использования природных ресурсов и степень деградации окружающей среды являются главной проблемой современного общества и в XXI столетии. В настоящее время как в нашей стране, так и в большинстве стран мира считается общепризнанным, что проблема рационального использования природных ресурсов и предотвращения загрязнения окружающей среды, а, следовательно, и проблема устойчивого развития современной цивилизации, обеспечивающей удовлетворение потребностей общества, но не ставящей под угрозу будущие поколения, может быть решена путем нового подхода к организации и функционированию промышленных производств и экономической системы в целом, в основе чего лежит *промышленная экология*.

Понятие «промышленная экология» появилось в начале 80-х годов XX века. *Промышленная экология рассматривает (изучает) взаимосвязь (и взаимозависимость) материального, в первую очередь промышленного производства, человека и других живых организмов со средой их обитания, т.е. предметом изучения промышленной экологии являются эколого-экономические системы.*

Промышленная экология является системно ориентированным подходом к объединению экономической деятельности людей и управлению материальным производством с фундаментальными биологическими, химическими и физическими глобальными системами, она служит *средством* для достижения устойчивого, самоподдерживающегося функционирования эколого-экономических систем и общества в целом.

В природных экосистемах производство и разложение сбалансированы, в них нет отходов: отходы одних организмов служат средой обитания для других и, таким образом, осуществляется практически замкнутый кругооборот веществ в природе. В природных экосистемах около 90 % энергии расходуется на разложение и возвращение веществ в биогеохимический кругооборот.

В социально-экономических системах около 90 % материальных ресурсов переходит в отходы, а основное количество энергии используется в производстве и потреблении. Поэтому *главной задачей* промышленной экологии является нахождение путей для рационального использования природных ресурсов, предотвращения их истощения, деградации и загрязнения окружающей среды, а в конечном итоге – совмещение техногенного и биогеохимического кругооборотов веществ.

Современный город – большой социальный организм, включающий комплекс эколого-экономических, географических, архитектурно-строительных, культурно-бытовых особенностей. В городах сейчас проживает более половины жителей России. По прогнозам к 2025 г. горожанами будут 8 из каждых 10 жителей. Считается, что к 2025 г. в таких городах будет проживать 55-65 % населения нашей планеты. Города становятся самыми загрязненными участками государственной территории.

Экологическое равновесие на городской территории может быть достигнуто двумя путями:

1) совершенствованием промышленного производства с целью снижения его негативного воздействия на компоненты окружающей среды;

2) созданием экологически сбалансированных территориальных урбанизированных систем.

Второе направление связано с созданием рациональных схем расселения, предусматривающих сохранение ценных природных ландшафтов, восстановлением нарушенных природных объектов, формированием благоприятной и устойчивой среды обитания людей.

Комплексное решение вопросов развития и функционирования городов, ориентированное на сохранение и поддержание экологического равновесия в них, обеспечит устойчивое развитие урбанизированных территорий и комфортные условия проживания для многих поколений.

1 СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РОССИИ

1.1 Экологическая уникальность России

Территория Российской Федерации равна 17,1 млн. км², что составляет около 3,3 % общей площади земного шара, 12 % суши (без Арктики) или 32 % Евразии. Обычно ее разбивают на три региона: Европейский (3,5 млн. км²), Уральский (2 млн. км²), Сибирь и Дальний Восток (11,6 млн. км²).

Население России, крупнейшей страны мира, составляет менее 143 млн. чел. с тенденцией непрерывного снижения. В стране имеется 13 городов с населением свыше 1 млн. чел.

Россия располагает огромным фондом сельскохозяйственных земель: на человека приходится около 11 га, в то время как во всем мире в среднем 3 га. Однако необходимо отметить, что 60 % территории России приходится на районы холодного климата и вечной мерзлоты, где продукция фотосинтеза очень низкая, т. е. при наличии большого физического пространства ощущается экологическая нехватка территории. Поэтому так называемая эффективная площадь, которая располагается к югу от среднегодовой изотермы -2 °С, составляет менее трети территории России.

Важнейшим показателем сохранения естественной территории служит плотность населения, которая в мире составляет 55 чел. на 1 км², а в России всего 8 чел. на 1 км² (близка к плотности населения Земли в начале XX в.). Однако размещение населения по территории неравномерно: основное население проживает в Европейской части (плотность 27 чел./ км²), в Уральском регионе – 11 чел./ км², в Сибири и на Дальнем Востоке – 3 чел./ км², а на Севере – менее 1 чел./ км². Отметим, что в приграничных странах плотность населения намного выше: Финляндия – 16 чел./км², Латвия – 42 чел./ км², Белоруссия – 80 чел./ км², Украина – 86 чел./ км², Китай – 120 чел./ км².

Климатические условия на территории России определяются, прежде всего, мощным влиянием Арктики, которое обуславливает общую суровость климата страны. Повсеместно выражен зимний сезон со среднемесячными температурами ниже 0 °С с формированием устойчивого снежного покрова. В пределах Сибири большие площади занимают многолетнемерзлые грунты – вечная мерзлота.

Климатологи выделяют семь зон комфортности условий жизни, которые отражают зональность климатических условий и характер водно-теплового режима. К благоприятным для жизни населения от-

носятся западные и юго-западные районы России, где соотношение тепла и влаги обеспечивает достаточное развитие древесной и травянистой растительности. Большое количество солнечных дней, благоприятных для пребывания человека на открытом воздухе, особенно характерно для побережий Черного и Азовского морей.

В то же время длительные наблюдения свидетельствуют о том, что температура воздуха за последние 30-35 лет на севере Европейской части России повысилась на 0,6-0,8 °С, севере Западной Сибири – до 1,6 °С, в Якутии – до 1,4 °С. По данным геокриологов, в условиях Западной Сибири повышение температуры многолетнемерзлых пород на глубине 10 м к 2020 г. составит около 1 °С, а к 2050 г. – 1,5-2 °С. Это вызовет перемещение границы сплошной мерзлоты на север к 2020 г. на 50-80 км, а к 2050 г. – на 150-200 км.

Повышение температуры пород криолитозоны и ее деградация способствуют интенсификации таких опасных процессов, как термокарст, опускание территории в результате вытаявания льдов, термоабразии, развитию оползней, сплывов, наледеобразованию и др.

Как уже отмечалось, наиболее реальным свидетельством изменения окружающей среды служит нарушение экосистем на поверхности Земли. Поэтому является существенным, что Россия располагается между двумя центрами дестабилизации – Западной Европой и Китаем.

В самой России сохранились огромные территории не нарушенных хозяйственной деятельностью экосистем: восточносибирская тайга (площадью 6 млн. км²), Север (2,8 млн. км²). Около 60 % земли не затронуты хозяйственной деятельностью (такой высокий показатель только у Канады), в то время как во всем мире площадь подобных земель составляет около 40 %. В Европейской части потребляется до 40 % ресурсов, в Уральском регионе – 20 %, в Сибири и на Дальнем Востоке – 10 %.

Естественные экосистемы России – леса, болота и нераспаханные почвы играют средорегулирующую роль и практически полностью нейтрализуют выбросы антропогенных соединений углерода не только отечественных предприятий, но и зарубежных, попадающих на территорию нашей страны.

Леса в России, на которые приходится более 26 % лесных площадей земного шара, будучи более зрелыми и продуктивными, чем во

многих других странах умеренных широт, поглощают до 600 млн. т углекислоты. При этом до 70 % поглощенного лесами России CO_2 имеет зарубежное происхождение.

Большая часть болот мира сосредоточена в России (109 млн. га), они способны изымать из планетарного круговорота около 50 млн. т органического углерода, тем самым снижая проявление парникового эффекта.

Почти 77 % территории России занимает почвенный покров, являющийся важнейшей частью экологического потенциала страны. Почвы служат хранителями диоксида углерода, метана, оксидов азота и других газов. Одновременно почвы являются естественными фильтрами, которые защищают атмосферу от различных газов, поступающих из глубин Земли. Почвенные микроорганизмы способствуют регуляции газообмена между земными недрами и атмосферой, благодаря чему устанавливается оптимальный для живых организмов газовый баланс.

Почти треть площадей земного шара, занятых многолетней мерзлотой, расположена в России. Всего мерзлотные почвогрунты покрывают до 64 % ее территории. Многолетняя мерзлота России осуществляет глобальные средорегулирующие функции: она служит хранителем огромного, исчисляемого миллиардами тонн, количества кристаллогидрата метана, предотвращая тем самым увеличение поступления этого активного парникового газа в атмосферу. Россия – гигантский производитель, «фабрика» кислорода: ее естественные биоценозы (прежде всего леса) производят в результате фотосинтеза на 5,3 млрд. т больше кислорода, чем его потребляется на хозяйственные нужды. И это в то время, когда отдельные индустриально развитые страны расходуют гораздо больше кислорода, нежели производит их территория: США на 1,26 млрд. т, Япония на 1,045 млрд. т. Следовательно, Россия (наряду с Бразилией и Канадой) является мировым донором кислорода.

Благодаря гигантским размерам страны, большим площадям лесных массивов и заболоченных земель и болот, а также господствующим западным переносам воздушных масс (в сторону Сибири) кислотные осадки почти полностью выпадают и нейтрализуются в пределах России. Почти на всей ее территории выпадает снег, он в существенной степени очищает воздух от антропогенных аэрозолей. Горы и горные хребты, которые окаймляют многие крупные предприятия и города Сибири, препятствуют поступлению загрязненного воздуха со стороны России в зарубежные страны.

Реки России (их более 120 тысяч, длина более 10 км) способствуют сохранению благоприятных экологических качеств природной среды ряда регионов планеты. Наиболее крупные реки текут на север, впадая в Северный Ледовитый океан. Поэтому сточные воды прибрежных городов и промышленных предприятий, пройдя сотни, а иногда и тысячи километров по руслам указанных рек, успевают практически нейтрализоваться и разбавиться до относительно безопасного состояния.

Россия является крупным хранителем генетического фонда мира. В нашей стране находятся наиболее крупные популяции многих животных (белый медведь, марал, изюбр), около 9 % всех птиц Северного полушария обитают в России, почти 50 % перелетных птиц того же полушария выводят птенцов здесь же. Уникальным является озеро Байкал с его флорой и фауной; 210 видов растений произрастают только на территории России.

От большинства развитых индустриальных стран Россия отличается экологической самодостаточностью. Это значит, что ее природный потенциал обладает способностью компенсировать нарушения экологических условий собственными ресурсами. Более того, Россия в состоянии противостоять и внешним (зарубежным) негативным воздействиям на природную среду.

Приводя данные о степени сохранности «первозданной» биоты на территории разных стран мира, географ Н. Н. Клюев (2002 г.) вывел показатель «экологического налога», своего рода «экологической ренты», которую каждая страна должна была бы выплачивать за пользование ресурсами биосферы. Уровень этого показателя в условных единицах колеблется от 1 (в Бразилии) до 3-6 (в Канаде), 7 (в России) 131 (в Китае), 206 (в США), 776 (во Франции), 1175 (в Англии) и, наконец, до 3717 (в Нидерландах). Это свидетельствует о том, что Россия в целом является одной из экологически благополучных стран планеты и может выступать на мировом рынке как производитель экологически чистой продукции и как огромный резерв рекреационных и иных экологических услуг.

1.2 Техногенное загрязнение территории России

1.2.1 Загрязнение атмосферного воздуха

Государственные доклады о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации позволяют составить представление о масштабах выбросов в целом и по отдельным видам промышленности.

В сумме ежегодные выбросы промышленных предприятий составляют около 20 млн. т, выбросы транспорта – порядка 17 млн. т. При этом основной вклад в загрязнение воздуха вносят предприятия черной и цветной металлургии, угольной промышленности, химии и нефтехимии, стройиндустрии, энергетики, автотранспорта. Высокий уровень загрязненности обусловлен выбросом специфических (экологически опасных) веществ: бенз(а)пирена, формальдегида, аммиака, сероводорода и т. д. (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Распределение выбросов в атмосферу (%) по отраслям РФ

| Отрасль | Общее количество выбросов | Пыль | Диоксид серы | Оксид углерода | Оксиды азота | Углеродороды |
|---------------------------|---------------------------|------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| Энергетика | 27,5 | 23,9 | 52,8 | 4,0 | 70,1 | - |
| Черная металлургия | 19,1 | 14,9 | 9,7 | 41,7 | 13,7 | 0,3 |
| Цветная металлургия | 7,6 | 7,0 | 16,5 | 3,0 | - | - |
| Стройматериалы | 12,9 | 28,7 | 2,6 | 11,2 | 3,2 | - |
| Нефтехимия | 5,1 | 0,4 | 2,0 | 8,2 | 0,5 | 31,1 |
| Угольная промышленность | 5,1 | 4,1 | 3,7 | 10,4 | 2,0 | 4,0 |
| Химическая промышленность | 3,5 | 1,4 | 1,2 | 3,0 | 1,9 | 1,3 |
| Прочие | 11,5 | 16,7 | 10,4 | 11,5 | 7,4 | 1,2 |

Загрязнение атмосферы имеет два аспекта: воздействие на состояние экосистем и на здоровье человека. Первое определяется выбросом парниковых газов (диоксида углерода и метана), возникающих в результате разрушения биоты, а также оксидов серы и азота, вызывающих кислотные дожди, второе – выбросом в атмосферу вредных веществ и пылевых частиц. В связи с уменьшением производства в

России наблюдается снижение выбросов CO_2 : вклад России в мировую эмиссию составляет порядка 7 % после США (22 %), Китая (12 %), Европы (24 %). В то же время Россия единственное среди сопредельных государств, где эмиссия CO_2 за счет хозяйственной деятельности полностью компенсируется его поглощением естественными экосистемами (другой такой страной является Канада).

За последние годы в России отмечается снижение выбросов диоксида серы (на 40 %), доля которых составляет примерно 10 % выбросов в развитых странах. Эмиссия SO_2 при дальних переносах направлена на Восток и поглощается пространствами Сибири, в то время как дальний перенос из Европы направлен в основном на Россию.

Следует подчеркнуть, что выпадения загрязняющих веществ от других стран на территории России значительны. Согласно данным программы ЕМЕП, в течение 7 лет и вплоть до 1999 г. на Европейской территории России (ЕТР) ежегодно выпадало от 2,1 до 2,8 млн. т оксидов серы и азота. При этом доля от российских источников составляла менее 40 %. Следовательно, в подкислении природной среды нашей страны играют ведущую роль зарубежные источники, в том числе Украина, Германия, Польша, Чехословакия и др. Плотность выпадений окисленной серы составляет 1-3 т/км². В ряде крупных промышленных районов кислотность атмосферных осадков (рН) доходила до значений 3,1-3,2 (1995 г.). Выпадения свинца и кадмия от зарубежных источников составляют примерно 30% суммарного загрязнения ЕТР, а в западных районах они еще больше. Выпадения свинца на ЕТР составили в 1996 г. от Украины около 1100 т, Польши и Белоруссии – 180-190 т, Германии – более 130 т. Все это приводит к снижению урожайности, загрязнению сельскохозяйственной продукции, ухудшению состояния лесов (особенно хвойных) и озерных экосистем северо-западного региона России.

Значительна эмиссия и такого вредного для человека газа, как СО (угарный газ). Его основные источники – автомобильный транспорт и промышленность. В России эмиссия СО хотя и сокращена на 18 %, составляет 12 % мировой эмиссии. Такой большой вклад объясняется отсутствием катализаторов для автотранспорта.

Особенно остро стоит проблема загрязнения воздуха в крупных городах и промышленных центрах. Более чем в 200 городах России, где проживает 63 млн. человек (42 % населения страны), среднегодовые концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК. Почти во всех городах России с населением более 100 тыс. человек среднее за год содержание вредных примесей в атмосферном воздухе превышает

допустимые нормы. Около 40 млн. жителей страны проживают в районах, где уровень концентрации вредных примесей в разовых или суточных пробах воздуха регулярно в 10 раз и более превышает ПДК.

Вызывает тревогу рост загрязненности воздуха специфическими веществами, в частности устойчивыми органическими соединениями (УОС). Такая тенденция наблюдается в Ангарске, Каменске-Уральском, Норильске, Омске, Саратове, Ставрополе, Усолье-Сибирском. Около 97 % населения этих городов проживает на территории, где загрязнение воздушного бассейна превышает безопасные уровни. В отдельные дни максимальные концентрации бенз(а)пирена превышают регламенты в 115-308 раз.

Доля влияния загрязнения атмосферного воздуха на общую заболеваемость у детей составляет в среднем 17 %, у взрослых – 10 %. Загрязнение воздуха порождает 41 % заболеваний органов дыхания, 16 % – эндокринной системы, 2,5 % – онкологических заболеваний у лиц в возрасте 30-34 лет и 11 % – у лиц 55-59 лет.

Оценивая в целом состояние окружающей природной среды в Российской Федерации, Центр международных проектов Минприроды России пришел к выводу, что проблема загрязнения атмосферного воздуха городов и промышленных центров является сегодня наиболее острой в 38 республиках, краях, областях и автономных округах РФ.

1.2.2 Загрязнение и истощение водных ресурсов

Россия богата водными ресурсами: на ее долю приходится 20 % мировых запасов пресных вод, в т. ч. 9 % речных вод Земли. По показателю «забор воды на душу населения» Россия занимает промежуточное положение среди европейских государств; он составляет 700 м³/год. Обеспеченность водой одного жителя РФ за счет речных вод составляет 29,2 тыс. м³ в год (80 м³ в сутки), тогда как среднемировые показатели намного ниже – 8,2 и 22,5 м³ соответственно.

По степени использования водных ресурсов многие страны Европы превзошли 50 %-ный рубеж. Объем сточных вод в России составляет около 70 км³, но объем очищаемых вод менее 3 км³, хотя объем загрязненных вод составляет около 10 км³ (в то же время в Европе во многих странах 100 % вод проходит полную очистку).

Водные ресурсы России считают едва ли не самыми сохранными в Европе. Тем не менее, природные водные экосистемы сильно страдают вследствие антропогенного загрязнения. Изменена хозяйственной деятельностью большая часть основных речных бассейнов европейской части России. Водные объекты в бассейнах Волги, Дона, час-

тично Северной Двины эвтрофируются вследствие поступления биогенных веществ, прежде всего соединений азота и фосфора. Сильная деформация водных экосистем отмечается в Сибири и на Дальнем Востоке, особенно в верхнем течении Оби и Енисея, в бассейне Амура.

Зарегулирование рек и гидротехническое строительство также привело к деформации природных экосистем, усилению эвтрофирования. Не менее опасно токсическое загрязнение водных объектов.

В связи со спадом промышленного производства произошло некоторое снижение сброса массы основных загрязняющих веществ и объемов сточных вод. Так, в 1995 г. сброс нефтепродуктов, взвешенных веществ, фосфора, фенолов, соединений меди, железа, цинка составил 784 тыс. т против 1002 тыс. т в 1994 г. и 1252 тыс. т в 1992 г.

В результате интенсивного водозабора истощаются запасы подземных вод; имеется более 1400 локальных очагов загрязнения подземных вод. Более 80% таких очагов находится в европейской части России (районы городов Мончегорска, Череповца, Балаково, Каменска-Шахтинского, Ангарска и др.). В состав загрязнения, как уже указывалось, входят весьма опасные химические вещества, в частности, диоксины.

Большая часть сточных вод России очищается в пределах ее границ. Лишь небольшая часть поступает на территорию Белоруссии, Украины и Казахстана. Однако именно эти страны поставляют в Россию в полтора раза больше загрязненных вод, чем получают их из России. Украина избавляется от части нечистот, сбрасывая их в Северский Донец, Казахстан использует для сплава нечистот Иртыш и его притоки.

Наибольшее количество сточных вод России сбрасывается в реки бассейна Волги и Камы. Эти сточные воды составляют около 40 % от общего объема в России. Действующие очистные сооружения обеспечивают эффективную очистку лишь 8 % объема загрязненных вод.

Из-за нестабильной работы многих предприятий, финансовых трудностей выполнение водоохранных мероприятий в стране осуществляется в совершенно недостаточных объемах. Воды основных рек (Волги, Дона, Кубани, Печоры, Оби, Енисея) оцениваются как «загрязненные», а воды их крупных притоков (Камы, Томи, Иртыша, Тобола, Миасса, Исети, Туры) и реки Урал как «сильно загрязненные».

В целом экологическое состояние значительного числа водных объектов по данным сети Росгидромета соответствует экологическому регрессу и только 11-13 % всех водных объектов находится в состоянии экологического благополучия.

По данным научных исследований, вода рек и водоемов России в ряде случаев оказывает на гидробионтов токсическое воздействие при биотестировании. С экономической точки зрения токсическое загрязнение представляет угрозу для рыбного промысла, так как ценные виды рыб весьма чувствительны к воздействию ядовитых химических веществ.

Хотя по суммарным запасам пресных вод Россия занимает ведущее место в мире, обостряется кризис питьевого водоснабжения. Примером этого являются длительные перебои с водоснабжением населения Приморского края (осень 2003 г.). Действующая в стране система водоснабжения находится в неудовлетворительном состоянии: более 40 % водопроводов с забором воды из поверхностных водных источников, обеспечивающих 68 % потребителей в городах и поселках городского типа и 10 % в сельской местности, не имеют необходимых сооружений для очистки и обеззараживания воды. Во многих регионах страны низкое качество воды создает серьезную опасность для здоровья населения, определяет высокий уровень инфекционных заболеваний людей. В ряде правительственных документов прямо указывается, что плохое качество питьевой воды является одной из причин роста смертности населения и снижения средней продолжительности жизни россиян.

1.2.3 Размещение отходов производства и потребления

Это одна из самых острых и сложнейших в России проблем, ведь на свалках, хранилищах, полигонах скопилось около 100 млрд. т твердых отходов, т. е. почти 700 т на каждого жителя. Из всей этой массы только 5 % идет на переработку или мусоросжигательные заводы, остальное складывается или вывозится на свалки.

К началу 1997 г. на предприятиях различных отраслей промышленности скопилось более 1,4 млрд. т только токсичных отходов. В последующие годы количество ежегодно образующихся токсичных отходов достигало примерно 90 млн. т, в том числе I класса опасности – порядка 0,16 млн. т, II класса – 2,2 млн. т, III класса – 8,7 млн. т, IV класса – 78,8 млн. т.

На территории России размещено около 70 % общего объема токсичных промышленных отходов бывшего СССР. Под их складирование заняты значительные площади. Только учтенные места размещения (захоронения) отходов занимают территории более 14 тыс. га. Особенно опасны отходы, содержащие тяжелые металлы (свинец, ртуть и др.). Весьма острой является и проблема уничтожения запасов

химического оружия (около 40 тыс. т), хранящихся в 7 арсеналах Министерства обороны Российской Федерации.

Большую опасность в России представляют забытые захоронения отходов, на месте которых сейчас построены жилые дома или другие сооружения. К сожалению, учет таких захоронений пока не проведен.

Необходимо также упомянуть о резко обострившейся проблеме диоксинсодержащих отходов. Как известно, диоксины, относящиеся к классу хлоруглеродов, являются самыми токсичными из синтезированных человеком веществ. Они образуются: при сжигании промышленного и городского мусора, содержащего пластмассы и синтетические материалы, бензина со свинцовыми присадками, при хлорировании воды, при производстве некоторых пестицидов.

Проблема диоксинов впервые возникла в США в 30-40-е годы. В России первое крупномасштабное диоксиновое загрязнение природной среды зафиксировано в 1991 г. в районе г. Уфа. Было обнаружено, что содержание диоксинов в водах р. Уфа более чем в 50 тыс. раз превысило их ПДК. Причиной загрязнения воды стало поступление фильтра из уфимской городской свалки промышленных и бытовых отходов. Как следствие, количество диоксинов в крови, жировой ткани и грудном молоке многих жителей Уфы и Стерлитамака увеличилось в 4-10 раз по сравнению с допустимым уровнем.

В настоящее время в стране ежегодно идет в отходы около 200 млн. штук люминесцентных и дугоразрядных ламп, в каждой из которых содержится от 80 до 120 мг ртути. Большую опасность представляют ртутьсодержащие электрические батарейки, в которых содержание ртути доходит до 300 мг. Только жители Москвы и Подмосковья выбрасывают ежегодно более 50 млн. штук батареек, поэтому на свалки попадает десятки тонн ртути. Чрезвычайную опасность также представляют автомобильные свинцовые аккумуляторы, в каждом из которых содержится до 9,5 кг свинца.

Особо следует остановиться на проблеме нелегального трансграничного перемещения токсичных отходов.

В настоящее время твердые и жидкие отходы с высоким содержанием вредных загрязняющих веществ сопровождают различные промышленные производства в развитых странах Северной Америки (прежде всего, США), Европы и Азии.

Общественность этих стран крайне негативно относится к переработке таких отходов на собственной территории, поэтому многие частные фирмы и даже правительства ищут возможность для размещения указанных токсичных отходов в других странах. Препятствием

такому трансграничному перемещению опасных отходов служит Базельская конвенция о контроле трансграничной перевозки опасных отходов и их утилизации (1989 г.), к которой вскоре присоединилась и Россия. В этих условиях некоторые промышленные компании ищут пути вывоза этих отходов под видом низкоэнергоемких теплоносителей, маскируя, тем самым, истинное содержание высокотоксичных загрязняющих веществ. Статус низкоэнергоемких теплоносителей промышленные отходы «приобретают» после частичной переработки и (или) брикетирования на территории стран-производителей. В этом случае отходы уже формально не подпадают под ограничения Базельской конвенции и могут быть ввезены в третьи страны для их последующего сжигания в специальных печах. Многие страны, в том числе Россия, испытывающие экономические проблемы, принимают указанные отходы для переработки, сжигания, нейтрализации или для хранения. Годовое трансграничное перемещение опасных отходов из развитых стран в третьи составило в 1994 г. почти 2 млн. т. Размеры нелегальной торговли и (или) нелегального трансграничного перемещения постоянно возрастают и составляют в настоящее время 50-100 млн. т.

В результате этого Индия стала «глобальной свалкой» для огромного количества технического цинка, отходов от производства свинца, а также использованных аккумуляторов из Германии, США, Австралии, Великобритании и Дании. В 1998-1999 гг. на территорию Индии было ввезено более 100 тыс. т отходов, большая часть которых является ядовитыми или потенциально ядовитыми.

Предпринимаются попытки обхода Базельской конвенции рядом иностранных фирм в целях ввоза аналогичных отходов на территорию России. Так, рассматривались проекты строительства заводов по сжиганию ввозимых (под видом низкоэнергоемких носителей) опасных отходов на территории Московской и Новгородской областей, Алтайского края и др. В 1993 г. ввезено и размещено на территории России около 4000 т отходов, в том числе радиоактивных, ртутных, цинковых и других. В 1997 г. завезено в качестве вторичного сырья около 230 тыс. т только учтенных отходов. Некоторые иностранные компании даже предлагают бесплатно построить заводы по переработке опасных отходов, если на них впоследствии будет перерабатываться и определенное количество зарубежных отходов.

Следует подчеркнуть, что при ввозе отдельных отходов, не являющихся токсичными, их дальнейшая переработка может привести к образованию крайне вредных веществ. Так, при сжигании относительно

но безвредных хлорсодержащих пластиков образуются высокотоксичные полихлорированные бифенилы, диоксины, фураны и др.

В настоящее время назрела необходимость строгой регламентации, вплоть до запрещения, трансграничного перемещения на территорию России опасных твердых и жидких отходов, которые содержат тяжелые металлы, хлорорганические вещества и нитросоединения и при этом выдаются за низкоэнергетические теплоносители, якобы безопасные для населения принимающей страны. Все это может привести к тому, что, если не принять надлежащих мер, Россия также превратится в «свалку отходов» иностранного происхождения с самыми тяжелыми экологическими последствиями для нынешнего и, особенно, будущих поколений.

1.2.4 Радиоактивное загрязнение

Чрезвычайные ситуации, связанные с ядерно- и радиационно-опасными объектами (включая ядерное оружие), ядерными материалами, радиоактивными веществами и отходами, источниками ионизирующих излучений вследствие их особой разрушительной силы и долговременных негативных последствий, представляют собой одну из наиболее серьезных угроз безопасности, социально-экономическому развитию Российской Федерации и всего мирового сообщества.

Радиационная обстановка в РФ определяется следующими основными факторами:

- 1) глобальным радиоактивным фоном;
- 2) загрязнением территорий вследствие аварий на Чернобыльской АЭС (1986 г.) и ПО «Маяк» (1957 и 1967 гг.);
- 3) эксплуатацией предприятий с ядерным топливом, ядерно-энергетических установок на судах, хранилищ радиоактивных отходов.

Глобальный радиационный фон обусловлен проведенными ядерными испытаниями. По данным ООН, с 1945 по 1991 гг. в мире было произведено 1946 испытательных ядерных взрывов, в том числе 958 в США, 599 – в Советском Союзе, более 150 – во Франции. В СССР взрывы проводились: 467 взрывов на Семипалатинском полигоне (Казахстан), 132 взрыва на полигоне о. Новая Земля. Кроме того, значительное количество ядерных взрывов в мирных целях было проведено в Западной Сибири, Нижнем Поволжье, Якутии, Донбассе, Красноярском крае и других местах.

В результате ядерных испытаний в биосферу было выброшено 12,5 т продуктов деления ядерного горючего. В результате взрывов на

2,6 % увеличилось содержание в атмосфере радионуклида углерода-14, в 100 раз – радиоактивного изотопа трития, на 2 % повысилось фоновое радиоактивное излучение на поверхности Земли.

Одним из наиболее опасных видов отходов являются радиоактивные отходы. Наиболее распространены жидкие отходы, которые образуются на АЭС, радиохимических заводах, в исследовательских центрах. Твердые радиоактивные отходы также образуются в реакторах АЭС.

В России размещено 11 АЭС, которые дают 16,7 % электроэнергии в стране. Расстояние от АЭС до крупных городов (С.-Петербург, Воронеж, Курск, Екатеринбург, Смоленск, Ростов-на-Дону и др.) – от 50 до 200 км. Источником радиационной опасности на атомных станциях являются реакторы энергоблоков, бассейны выдержки ядерного топлива, хранилища жидких и твердых отходов.

Согласно данным МЧС России (2005 г.), в России имеется 39 исследовательских реакторов, 39 критических и 15 подкритических стенов. В состоянии эксплуатации находятся 24 исследовательских реактора, 29 критических и 7 подкритических стенов.

В настоящее время в потенциально опасных зонах, прилегающих к действующим АЭС, проживает более 4 млн. человек. Непосредственной угрозы этому населению в повседневных условиях, по мнению МЧС РФ, не существует, объекты оборудованы системами защиты в соответствии с существующими требованиями. Средний показатель времени срабатывания аварийной защиты реактора на российских АЭС значительно ниже аналогичного показателя многих атомных электростанций мира. Однако, несмотря на осуществление значительного по объему комплекса защитных мероприятий на рассматриваемых объектах и вблизи них, угроза возникновения нештатных ситуаций, в том числе и с выбросом радиоактивных веществ, продолжает оставаться.

В 1995 г. были завершены работы по систематизации данных о радиационном загрязнении территории России в результате Чернобыльской катастрофы (26 апреля 1986 г.), затронувшей значительную территорию Украины, Белоруссии, России и 20 других государств. Только в России на зараженной территории проживает почти 17 млн. чел.

Общая площадь загрязнения радиоактивным цезием-137 плотностью 1-5 Ки/км², составила 49509 км²; 5-15 Ки/км²-5326 км²; 15-40 Ки/км²-1900 км²; более 40 Ки/км²-310 км².

Остается сложной радиационная обстановка в загрязненных лесах. Спустя 10 лет после аварии загрязнение лесного фонда изменилось незначительно, так как самоочищение лесов происходит только за счет процессов радиоактивного распада. Отмечается заглубливание радионуклидов до 15-20 см. Наибольший уровень загрязнения отмечен на торфянистых и сильноподзолистых почвах, наименьшее – на суглинистых, богатых обменным калием и аммонием.

Аварии с выбросом радиоактивных веществ имели место в 1957 г. на ПО «Маяк» на севере Челябинской области. В результате в трех областях (Челябинской, Свердловской, Тюменской) в зоне заражения оказалось 300 тыс. человек. Под озером Карачай образовалась «линза» из радиоактивных рассолов, которая движется со скоростью 80 м в год. После попадания этих солей в водные объекты, прежде всего реки, может подвергнуться загрязнению значительная территория Западной Сибири и затем Ледовитый океан. Аналогичная ситуация сложилась и в бассейне Оби в Томской области в результате деятельности Сибирского химического комбината.

Глобальным источником радиоактивного загрязнения природной среды техногенными радионуклидами в 1996-1998 гг. являлся медленный процесс выведения из стратосферы продуктов ядерных испытаний 1954-1980 гг. на полигонах планеты, а также ветровой подъем с поверхности земли.

На территории России суммарная активность незахороненных радиоактивных отходов, по некоторым оценкам, превышает 4 млрд. Ки. В России есть 15 полигонов для захоронения, центры по утилизации отходов (Челябинск-65, Красноярск-26). Тем не менее, вопросы их экологической безопасности стоят очень остро. В частности, серьезную опасность для окружающей среды и населения представляют переполненные, физически и морально устаревшие хранилища жидких радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива.

К сожалению, в 2001 г., несмотря на протесты общественности, была заключена «делка века», связанная с завозом на территорию России отработанного ядерного топлива (около 20 тыс. т), выгруженного из реакторов зарубежных АЭС и предназначенного для длительного хранения и переработки.

По состоянию на 01.01.2002 г. из состава ВМФ России выведено 190 атомных подводных лодок (АПЛ). Сегодня уже нет сомнений, что утилизация АПЛ является одной из крупнейших проблем глобального

масштаба, привлекающей постоянно растущее внимание ряда иностранных государств и международной общественности.

О масштабах проблемы утилизации АПЛ в России свидетельствуют следующие данные:

- общая активность отработавшего ядерного топлива подводных лодок составляет не менее 600 млн. кюри, причем около половины этой активности приходится на ядерное топливо, продолжающееся оставаться в реакторах, выведенных из эксплуатации АПЛ;

- вес подлежащих утилизации радиоактивных конструкционных материалов подводных лодок превышает 150 тыс. т;

- общий вес подлежащего разделке металла атомных подводных лодок составляет около 1 млн. тонн.

Привлекаемые для утилизации АПЛ предприятия промышленно-сти и ВМФ по своим производственным возможностям до 1995-1999 гг. были способны разделять не более 5-6 АПЛ в год. При таких темпах разделки становилась неизбежной стоянка выведенных к настоящему времени из эксплуатации АПЛ на плаву в течение 15-20 лет в ожидании своей очереди утилизации. Такие лодки представляют серьезную потенциальную ядерную, радиационную и экологическую опасность, хотя бы уже потому, что могут явиться целями в случае военных конфликтов или атаки террористов.

Ученые и практики ряда стран мира признают, что решение этой проблемы, учитывая фактическое состояние дел и намечающиеся тенденции, может быть ускорено лишь посредством неотложной международной кооперации многих стран, причем не только в научно-технической, но и в экономической сфере. Наглядным примером такой кооперации является плодотворное сотрудничество России и Норвегии по снижению экологического риска, связанного с утилизацией АПЛ Северного флота, а также сотрудничество с Японией, Республикой Корея по снижению экологического риска, связанного с утилизацией АПЛ Тихоокеанского флота.

1.3 Причины возникновения и особенности экологических проблем в России

Ухудшения экологической ситуации, наблюдающиеся в России, тесно связаны с ее уровнем экономического развития. С одной стороны, она имеет собственную достаточно развитую индустриальную базу по добыче и переработке минерального сырья, угля, что ставит ее в один ряд с развитыми капиталистическими странами – мировыми за-

грязнителями окружающей среды. С другой стороны, в России происходит деформация окружающей среды, которая обычно характерна для развивающихся стран: деградируют и гибнут пахотные земли, вырубаются леса, истощаются казавшиеся в прошлом неисчерпаемые природные ресурсы. Ресурсо- и энергопотребление на единицу валового национального продукта в России в 2-3 раза выше, чем в странах Западной Европы и США, и в 5-6 раз выше, чем в Японии.

Все вышеуказанное способствовало возникновению в России уникальной экологической ситуации: с одной стороны, 16 % ее территорий сильно загрязнены и здесь уничтожены естественные экосистемы, с другой – 65 % территории на Севере Европейской части России, значительная часть Западной Сибири, почти вся Восточная Сибирь и Дальний Восток представляют собой слабо затронутые хозяйственной деятельностью территории, остающиеся 19 % – это территории со средним уровнем загрязнения и сильно деформированными естественными экосистемами. Лишь отчасти это можно объяснить неблагоприятными климатическими условиями многих регионов страны, а также удаленностью мест добычи и переработки сырья от мест потребления.

Отчасти экологические проблемы России связаны с особенностями управления страной. Большая протяженность территории с запада на восток (что охватывает 9 часовых поясов), огромное число мелких территориальных образований (областей, краев, республик, автономий), их отдаленность от центра РФ – столицы Москва, создают существенные сложности в организации эффективной структуры управления.

На экологическую ситуацию в России серьезное влияние всегда оказывали и продолжают оказывать политические процессы: революции, войны, реформы.

В настоящее время на экологию России в большей степени влияет кризисное состояние экономики, а именно:

- промышленность России включает многие ресурсоемкие, энергоемкие и иные опасные производства;
- технический потенциал России остается на уровне 70-х гг. и соответствует периоду «грязной» индустрии;
- высок уровень износа технических средств в промышленности, низок технический уровень работы очистных сооружений, повышен риск техногенных аварий;
- неэффективно используются территории.

Несмотря на 50 %-ный спад производства в 90-х годах XX века уровень загрязнения окружающей природной среды в Российской Федерации снизился лишь на 12 % и продолжает оставаться высоким.

1.4 Экологическая характеристика урбанизированных территорий

Город представляет собой сложную среду обитания, где человек взаимодействует не только с природой. В силу необходимости горожане искусственно формируют эту среду, приспособивая к своим потребностям. Возникают две системы: природная и антропогенная. Природную делят на литосистему, гидросистему, аэросистему и биосистему.

Антропогенную субсистему стратифицируют на следующие подсистемы: производственную, градостроительную, инфраструктурную.

Город является урбанизированным ареалом проживания, степень экологичности которого зависит от того, какие системы доминируют: природные или антропогенные.

В городе с экстенсивной малоэтажной застройкой преобладают природные ландшафты: естественный рельеф местности, открытые водоемы и водотоки, парки, лесопарки и другие зеленые насаждения. Природа как бы входит в состав городских территорий, обеспечивается пространственное единство застройки, зеленых массивов и водных поверхностей. В результате обеспечиваются экологические потребности людей.

Такие города рассматривают как *экополисы* – природно-антропогенные системы, численность населения в которых не превышает 100 чел./га. В этом случае можно сохранить озелененные пространства, по площади равные территориям, занимаемым асфальтовыми покрытиями, зданиями и различными городскими сооружениями.

Такие поселения неэкономичны, поскольку требуют протяженных транспортных и ресурсообеспечивающих коммуникаций. Кроме того, экстенсивная застройка активно поглощает один из основных природных ресурсов – территорию суши, а на густо заселенных континентах свободных земель становится все меньше.

В мире прослеживается уплотнение поселений. Современные города – столицы государств, центры агломераций, промышленные и хозяйственные центры – все в большей степени представляют собой скученные урбанизированные образования. Поселения, в которых

один город перетекает в другой, и целые области, называют *мегаполисами*.

Антропогенные системы оказывают очень сильное давление на природную среду. Урбанизация преобразовывает ее радикально, нарушая природное равновесие. Возникают антропо-природные системы, где преобладают антропогенные составляющие.

Город – это *динамично функционирующая система*. Развитые градообразующая база, жилищно-коммунальное хозяйство, система социально-бытового обслуживания делают города привлекательными для населения, что способствует их повышенной эксплуатации и развитию.

В то же время искусственно созданная среда обитания, комфортная для людей, довлеет над природными процессами. Исходя из этого, города характеризуются как *аккумулирующие системы*, баланс вредных веществ в пределах которых, как правило, положительный. Все предшествующие отходы и преобразования накапливаются на урбанизированных территориях, растет культурный слой, нарушается природный рельеф местности, водотоки меняют своё направление или заиливаются, прекращается естественная самоочистка воды в водоемах, атмосфера засоряется выбросами, почвы собирают вредные вещества.

Города – *чрезвычайно зависимые экосистемы*, они полностью зависят от своего окружения, в чем проявляется их «экологический паразитизм». Город не может прокормить свое население, он пьёт чужую воду и дышит чужим воздухом. Одновременно с этим он выбрасывает огромное количество продуктов жизнедеятельности. Для сохранения устойчивости городской территории и покрытия дефицита ресурсов вовлекаются территории примерно в 1 тысячу раз большие, нежели сам город.

Город – *неравновесная экосистема*. На его территории нарушен естественный экологический баланс, развитие и функционирование такой структуры определяется не законами природы, а потребностью людей. Относительное экологическое равновесие в городе объясняется искусственным привлечением из вне огромного количества потоков вещества и энергии, поэтому оно крайне неустойчиво. За счет концентрации населения в городе отношение фитомассы к зоомассе иное, чем в естественной природе. Пищевые цепи нарушены, сети разомкнуты в основных звеньях, процессы потребления ресурсов и выделения отходов сильно отличаются от круговорота веществ в природе.

Численность городского населения земли из года в год растет. По прогнозам, к 2025 году горожанами будут 8 из каждых 10 жителей планеты. Для сохранения устойчивости природно-антропогенных систем и способности их к самовосстановлению, хотя бы частичному или принудительному, необходимо:

- проводить перманентную оценку состояния среды обитания, выявлять причины и источники негативного воздействия;
- совершенствовать производственную подсистему городов путем минимизации выбросов, сбросов и отходов;
- совершенствовать и реставрировать нарушенные природные территории;
- при планировании схем расселения создавать экологически сбалансированные урбанизированные системы.

Контрольные вопросы по разделу 1

1. Какие регионы России наиболее благоприятны для проживания и почему?
2. Какие вещества являются основными загрязнителями атмосферного воздуха? Пути их поступления.
3. Охарактеризуйте современное состояние водных объектов России.
4. Трансграничное перемещение отходов.
5. Основные источники радиоактивного загрязнения.
6. Основные причины ухудшения экологической ситуации в России.
7. Какое образование экологичнее – экополис или мегаполис?
8. Охарактеризуйте город как экосистему.

2 КОНЦЕПЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Уровень использования природных ресурсов и степень деградации окружающей среды являются главной проблемой урбанизированных территорий. В настоящее время как в нашей стране, так и в большинстве стран мира считается общепризнанным, что проблема рационального использования природных ресурсов и предотвращения загрязнения окружающей среды, особенно на урбанизированных территориях, а, следовательно, и проблема устойчивого развития современ-

ной цивилизации, обеспечивающей удовлетворение потребностей общества, но не ставящей под угрозу будущие поколения, должна решаться, прежде всего, путем нового подхода к организации и функционированию промышленных производств. Эти задачи призвана решать *промышленная экология*.

2.1 Методы и средства промышленной экологии

2.1.1 Промышленный метаболизм и метод оценки жизненного цикла

В последние годы приобрело особую актуальность осознание основных принципов промышленной экологии при разработке и организации различных территориально-промышленных комплексов и эколого-промышленных парков. При организации таких комплексов сталкиваются с понятием промышленного метаболизма. Метаболизм – превращение вещества внутри какой-либо системы с момента поступления до образования конечных продуктов.

Промышленный метаболизм прослеживает материальные и энергетические потоки от сырья через производство и использование до конечного обезвреживания и захоронения.

Промышленный метаболизм показывает различия между природными и антропогенными системами. В природных системах материальные потоки практически замкнуты. Промышленные же системы, в основном рассеивающие, приводящие к слишком малым концентрациям элементов и веществ, чтобы быть используемыми, но оказывающими серьезное токсическое воздействие на окружающую среду и рост энтропии.

Дальнейшим развитием промышленного метаболизма является метод оценки жизненного цикла. Он включает три типа анализа:

- инвентаризацию всех материальных и энергетических ресурсов и их рассеивание в атмосфере, гидросфере и на поверхности суши;
- качественную и количественную оценку их влияния на окружающую среду;
- оценку всех возможных путей уменьшения вредного их воздействия на окружающую среду.

2.1.2 Основные принципы организации малоотходных производств

Создание малоотходных технологических процессов, производств, территориально-производственных комплексов является слож-

ной, комплексной многостадийной задачей. Каждый этап и каждая стадия ее решения выдвигают свои требования.

Технологический процесс

- разработка принципиально новых процессов, при внедрении которых существенно снижается или практически исключается образование отходов или отрицательное действие на окружающую среду;

- комплексное использование всех компонентов сырья и максимально возможное использование потенциала энергоресурсов. Практически все сырьевые источники являются многокомпонентными, и более трети стоимости сырья приходится на сопутствующие элементы, которые могут быть извлечены только при комплексной переработке. Требование комплексного использования сырья возведено в ранг государственной политики. Комплексный подход имеет не только экологическое, но и важное экономическое значение. Продукты, полученные при комплексной переработке сырья, зачастую имеют меньшую стоимость по сравнению с другими промышленными способами;

- внедрение геотехнологических методов разработки месторождений полезных ископаемых. Геотехнология – безлюдные методы добычи твердых полезных ископаемых через буровые скважины посредством тепловых, массообменных, химических, микробиологических или гидродинамических процессов;

- применение безводных методов обогащения или переработки сырья на месте его добычи;

- использование гидрометаллургических методов переработки руд и отходов;

- применение методов порошковой металлургии;

- внедрение окислительно-восстановительных технологий с применением кислорода, водорода, озона, свободных радикалов, электрического тока и т.д.;

- использование в технологии сверхвысоких давлений и температур;

- разработка плазменных процессов;

- замена химических методов с использованием кислот, щелочей механическими методами, например при очистке поверхностей;

- замена прямоточных процессов противоточными;

- внедрение перспективных высокоэффективных мембранных, ионообменных, экстракционных и др. методов для разделения и выделения ценных и токсичных веществ;

- максимальная замена первичных сырьевых и энергетических ресурсов вторичными;

- создание энерготехнологических процессов;
- внедрение непрерывных процессов;
- интенсификация и автоматизация процессов и т.д.

Аппаратурное оформление

- разработка принципиально новых аппаратов (позволяющих совмещать в одном аппарате несколько технологических процессов);
- оптимизация размеров и производительности;
- герметизация;
- использование новых конструкционных материалов, позволяющих увеличить долговечность аппаратов, уменьшить их вес.

Сырье, материалы, энергоресурсы

- обоснованность их качества (использование сырья и материалов не более высокого, а строго определенного качества);
- предварительная подготовка сырья и материалов (извлечение серы из топлива, других наиболее токсичных компонентов);
- замена высокотоксичных материалов (ртути, кадмия, свинца и т.д.) на менее токсичные при производстве красителей, катализаторов, батареек и т.д.;
- возможность замены сырья и энергоресурсов на нетрадиционные, местные, попутно добываемые.

Готовая продукция, включая побочную и попутно образующуюся:

- безопасность;
- длительность использования;
- обеспечение возможности и условий для возвращения продукции в производственный цикл после физического и морального износа;
- биоразлагаемость при попадании в окружающую природную среду;
- удобство использования, починки, разборки.

Организация производства:

- принцип системности производства, в соответствии с которым каждый отдельный процесс рассматривается как элемент более высокой производственной системы. Этот принцип учитывает взаимосвязь и взаимозависимость производственных, социальных и природных процессов;
- цикличность потоков веществ (создание замкнутых водооборотных и газооборотных циклов). При этом должны соблюдаться следующие требования – водоснабжение и очистка сточных вод рассматриваются как единая система водного хозяйства предприятия, региона. В основу технического водоснабжения должно лечь многократное использование воды сначала без очистки, а затем уже частично очищен-

ной до качества, определяемого условиями использования. Очистка сточных вод должна, в первую очередь, быть ориентирована на регенерацию локальных потоков отработанных технологических растворов, методы очистки должны обеспечивать одновременно извлечение и утилизацию ценных компонентов;

- возможность комбинирования производств на основе комплексного использования сырья и энергоресурсов;

- возможность отраслевой кооперации производств на основе переработки и утилизации вторичных ресурсов;

- обоснованность района и площадки строительства с учетом фоновое загрязнение, перспектив развития данного производства и других производств в регионе;

- создание малоотходных и безотходных территориально-промышленных комплексов;

- рациональная организация производства. При этом подразумевается, что увеличение объема производства и расширение номенклатуры выпускаемой продукции не приводят к невосполнимым потерям природных ресурсов в регионе;

- создание региональных центров по переработке и обезвреживанию отходов, прежде всего токсичных.

Главное в малоотходном производстве не переработка отходов, а организация технологических процессов по переработке сырья таким образом, **чтобы отходы не образовывались в самом производстве.**

Отходы производства – это часть неиспользованного или недоиспользованного по каким-либо причинам сырья, полуфабрикаты, бракованная продукция. В большинстве случаев отходы являются сырьем для других производств и отраслей.

2.2 Кооперирование производств на базе комплексной переработки сырья и утилизации отходов

В настоящее время уже осознано, что экономический прогресс без сохранения имеющейся ресурсной базы и устойчивой экосистемы не представляется возможным. Производство товаров должно осуществляться по чистым технологиям. Разработка и реализация малоотходных технологических процессов требует много сил и во многих случаях просто неосуществима. Более вероятно создание малоотходных или чистых предприятий (комплекса производств). Однако самые благоприятные возможности по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов складываются при коо-

перировании специально подобранного комплекса производств в границах промышленных центров и территориально-производственных комплексов (ТПК). Промышленные центры и ТПК играют решающую роль в производстве товаров и услуг, но многие из них представляют серьезную угрозу окружающей природной среде.

2.2.1 Территориально-производственные комплексы – наиболее эффективная форма организации производства

ТПК – взаимосвязанное и взаимообусловленное сочетание отраслей материального производства на определенной территории с общностью ресурсов сырья, топлива, полупродуктов, объектов вспомогательного хозяйства, производственной и социальной инфраструктурой (транспортные сети, коммуникации, объекты социальной сферы). Отраслевые и межотраслевые производственные комплексы являются составными частями ТПК экономических районов, которые входят в ТПК страны. ТПК не тождественны экономическим районам, но служат материально-технической основой их формирования. Они могут занимать не всю территорию экономического района или выходить за его пределы. ТПК Уральского экономического района объединяет металлургические, топливно-энергетические, химические, машиностроительные производственные комплексы. Он же в составе топливно-энергетического, химического и машиностроительного комплексов локализуется в Республике Башкирия и Пермской области. Создание в данном регионе ТПК топливно-энергетического и химического профилей предусматривало эффективное использование благоприятно сочетающихся ресурсов нефти, попутного нефтяного и природного газа, горнохимического сырья, воды и т.д.

В рамках ТПК складываются наиболее благоприятные условия для решения сложнейших экологических проблем путем кооперирования различных производств таким образом, чтобы отходы одних предприятий использовались другими; решения транспортных проблем, размещения жилых массивов и рекреационных территорий и т.д.

Экономическое развитие ТПК на современном уровне предусматривает создание эффективной структуры производства основных видов продукции, инфраструктуры для обеспечения выпуска этой продукции, охраны окружающей среды и рационального использования

природных ресурсов. При размещении производительных сил необходимо:

- максимально сохранять природные условия на заповедных территориях;

- внедрять малоотходные и безотходные процессы и производства, потребляющие минимальное количество сырья и материалов;

- экономно использовать имеющиеся земли, в первую очередь плодородные;

- перераспределять природные ресурсы и промышленное сырье с целью создания условий для сохранения благоприятной природной среды;

- ограничивать или даже прекращать отдельные производства в некоторых районах (курортных зонах, заповедниках, зонах интенсивной жилой застройки), а в ряде случаев, наоборот, создавать новые предприятия, на которых можно использовать большинство отходов;

- разрабатывать и строить в населенных пунктах и на предприятиях очистные сооружения, перерабатывать промышленные и коммунальные отходы, создавать санитарно-защитные зоны и проводить некоторые другие санитарно-гигиенические мероприятия.

Особое внимание следует уделять предприятиям, производящим строительные материалы, поскольку они могут использовать большое количество отходов, что позволяет получить и экономический, и экологический эффект. Использование отходов способствует повышению рентабельности как предприятий их производящих, так и перерабатывающих отходы, снижению затрат на геолого-разведочные работы и экономии сырья в целом, т.е. повышению капитальных вложений в народное хозяйство в целом.

Особое значение для экономики нашей страны имеет интенсификация развития таких ТПК, как Курская магнитная аномалия, Оренбургский и Ангаро-Енисейский ТПК, Саянский, Братский, Усть-Илимский, Канско-Ачинский (КАТЭК) топливно-энергетический комплекс.

Курская магнитная аномалия (КМА) – крупнейший в РФ железорудный бассейн, расположенный в пределах Курской, Белгородской и Орловской областей.

Впервые магнитная аномалия была обнаружена в конце XVIII в. П. Б. Иноходцевым при составлении карт Генерального межевания.

Разведка месторождений началась после Великой Октябрьской революции, а промышленное освоение – после Великой Отечественной войны. Разведочным бурением, основанным на данных магнитных, гравитационных и сейсмических исследований, выявлены огромные запасы богатых руд и магнетитовых легкообогащаемых кварцитов (содержание железа 32-62 %). КМА – сосредоточение горно-добывающих (открытым и шахтным способом), горнообогатительных, металлургических предприятий.

Основой для создания КАТЭК послужили огромные запасы каменного угля, залегающего вблизи поверхности земли и добываемого открытым способом. Благодаря высокой производительности труда и низким удельным капитальным затратам развитие КАТЭК может оказать значительное положительное влияние на общий топливно-энергетический баланс страны. Уголь невыгодно возить на большие расстояния из-за высоких транспортных издержек, поэтому новые энергетические производства необходимо размещать вблизи мест его добычи, где вводятся в действие мощные тепловые электростанции. Часть энергии этих станций будет передаваться на Европейскую территорию страны.

Сосредоточение ТЭС осложняет экологическую обстановку, поэтому должны быть внедрены эффективные системы очистки выбросов и вообще их предотвращение.

На Красноярской ТЭЦ-2 пущена установка по энерготехнологической переработке угля, при эксплуатации которой полностью исключаются выбросы в воздушный бассейн. Последние разработки ученых по созданию энерготехнологических установок позволяют использовать твердое топливо, в первую очередь уголь и сланцы, для получения жидкого и газообразного топлива и производства электроэнергии по самому совершенному парогазовому циклу. Доказано на практике, что, например, энерготехнологическая установка УТТ-3000 по переработке сланца производительностью 1 млн. т/год является коммерчески выгодной.

Еще одним способом снижения вредного воздействия ТЭС на атмосферу является предварительная подготовка угля перед сжиганием. Чаще всего это обессеривание угля. Большая часть серы удаляется при обогащении угля флотацией, где она выделяется в виде углистого кол-

чедана (40-50 % серы, до 9 % углерода). Углистый колчедан может быть использован для получения серной кислоты.

Одним из примеров решения сложных экологических проблем путем комбинирования предприятий является Красноперекопский промышленный узел. Расположен он на севере Крымского полуострова. Для сохранения уникальных природных условий данного региона жизненно важное значение имеет сбалансированное развитие взаимоотношений между сельским, рыбным хозяйством, промышленностью и туристическими комплексами.

При увеличении населения в результате сезонного притока возрастает потребление природных ресурсов, запасы которых имеют определенные пределы (сельхозугодья, минеральные соли залива Сиваш, подземные воды, рыбные ресурсы). До 70-х годов в регионе существовали металлургические предприятия и машиностроительные заводы. В 80-х годах в данном регионе появилось большое количество химических предприятий. Эта отрасль представлена (рисунок 2.1) заводами двуокиси титана, содовым, бромным и анилинокрасочным. Характер деятельности указанных выше предприятий позволял считать достаточно вероятным увеличение промышленных выбросов в виде соединений серы, брома, фтора, пыли и других веществ. Если рассматривать предприятия как отдельные функциональные ячейки общей системы промышленного узла, то данная промышленная система имеет несколько изолированных выходов в биосферу. Следовательно, экологическое воздействие можно уменьшить, применяя очистные сооружения и создавая системы замкнутых материальных потоков.

Диоксид титана является дорогостоящим пигментом белого цвета, широко используется в народном хозяйстве. Так как титан – рассеянный элемент в Земной коре, то его содержание в сырье не велико. Поэтому производство диоксида титана сопровождается такими крупнотоннажными отходами, как фосфогипс и пиритные огарки.

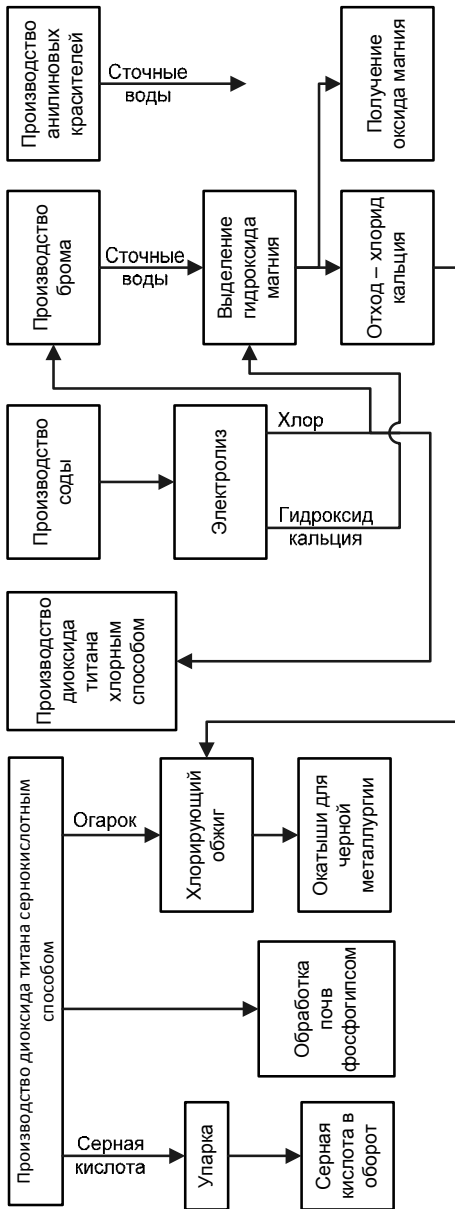


Рисунок 2.1 – Схема связей химических производств Краснодариинского промышленного узла

Комплексная переработка пиритных огарков вполне осуществима и дает значительный экономический эффект. Кроме того в настоящее время используются новые способы получения пигментной двуокиси титана, по сравнению с традиционным способом, образуется значительно меньше отходов (хлорный способ).

Для получения хлора может быть использован метод электрохимической переработки дистиллерной жидкости – отхода содового производства.

Сиваш является крупным источником поваренной соли, но, прежде всего, рапа Сиваша содержит массу различных химических элементов. При комплексной переработке рапы производят: оксид магния и хлористый магний, бром и его производные, хлористый натрий и др. Для выделения оксида магния потребуется гидроксид кальция – отход содового производства. Образующийся хлор можно использовать для выделения брома. Использование отходов как данного, так и соседних химических предприятий позволяет отказаться от добычи известняка, что обеспечивает сохранность уникального природного ландшафта.

Таким образом, при проектировании промышленных предприятий для регионов с напряженной экологической обстановкой следует в первую очередь предусматривать строительство производств и установок, при эксплуатации которых достигается существенное уменьшение количества образующихся отходов.

Программа развития данного региона предполагает организовать на базе ТПК промышленную экосистему, для чего объединить материальными и энергетическими потоками с химическими предприятиями предприятия строительного комплекса, пищевые производства. С этой же целью организовано ОАО «Поливтор», перерабатывающее полимерные отходы.

2.2.2 Промышленные экосистемы и эко-промышленные парки

Для определения эффективности промышленного производства Всемирный бизнес-совет предпринимателей по устойчивому развитию ввел понятие «эко-эффективность».

Суть «эко-эффективности» заключается в максимизации эффективности (в том числе экономической) использования энергетических и сырьевых ресурсов с целью снижения потребления ресурсов и загрязнения окружающей среды и отходов.

Эко-эффективность достигается при производстве конкурентоспособных товаров и услуг, удовлетворяющих потребности людей и качество жизни и существенно снижающих вредное воздействие на

окружающую природную среду и потребление природных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла, по крайней мере, до уровня, соответствующего ассимиляционной емкости Земли.

Эко-эффективность должна способствовать:

- уменьшению количества материалов, используемых при производстве товаров и услуг;
- снижению степени использования энергетических затрат при производстве товаров и услуг;
- уменьшению объемов образующихся попутно (неиспользуемых) продуктов и токсичных отходов;
- максимизации устойчивого использования возобновимых природных ресурсов;
- продлению срока пользования товарами и услугами;
- увеличению интенсивности пользования товарами и услугами.

Промышленные экосистемы

В таких системах оптимизировано использование сырьевых и энергетических ресурсов, сведено к минимуму образование отходов, а отходы одних процессов и производств служат сырьем для других. Промышленные экосистемы – это взаимосвязанная сеть компаний и организаций в регионе, которые используют попутно образующиеся продукты, отходы и энергию по одному из следующих направлений:

- уменьшение объемов потребляемого первичного сырья;
- снижение степени загрязнения окружающей среды;
- повышение эффективности использования энергии, а, следовательно, уменьшение объемов потребления первичных энергетических ресурсов;
- уменьшение количества отходов и затрат на их захоронение;
- увеличение количества и видов продукции.

Одним из широко известных примеров промышленной экосистемы является «промышленный симбиоз» в Калундборге (Дания). В небольшом районе на протяжении 20 лет образовалась сеть материальных и энергетических потоков между предприятиями, жилыми зданиями и фермерскими хозяйствами. Первоначальным мотивом для организации такой системы было желание предпринимателей снизить себестоимость продукции за счет использования отходов и получить больше прибыли. Постепенно руководители предприятий и муниципалитет осознали, что наряду с увеличением прибыли предприятий уменьшился ущерб от загрязнения окружающей среды.

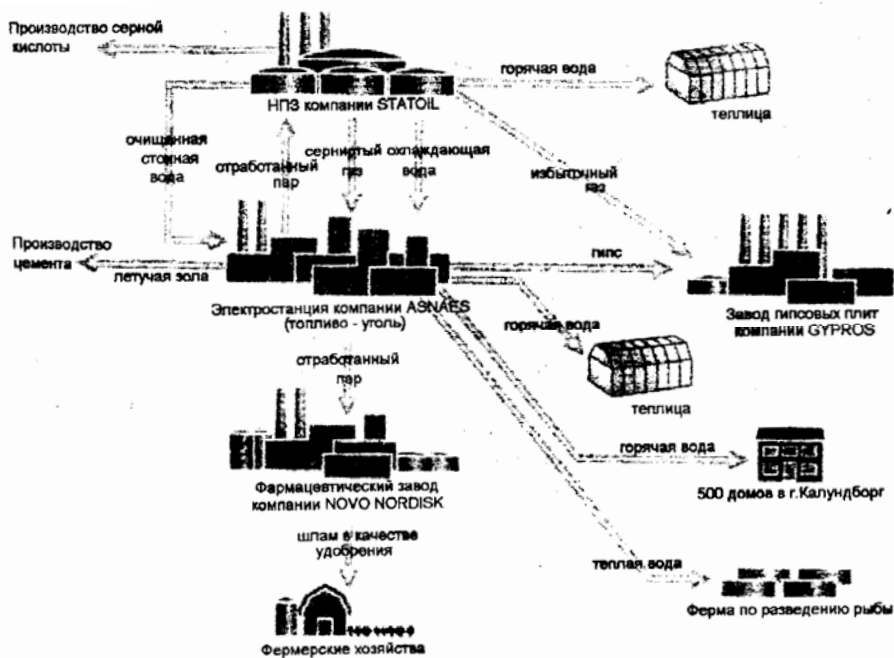


Рисунок 2.2 – Схема связей между предприятиями в промышленном симбиозе Калундборга

Система предприятий в городе включает пять основных единиц (рисунок 2.2):

- электростанцию мощностью 1500 МВт, работающую на угле;
- нефтеперегонный завод (НПЗ), крупнейший в Дании, мощностью 4,8 млн. т/год;
- завод гипсовых плит, производящий ежегодно 14 млн.м² гипсовых плит;
- фармацевтический завод международной биотехнологической компании; компания выпускает 40 % мирового объема производства инсулина и промышленные ферменты;
- город, население которого 20 тыс. человек, нуждающихся так же, как и все предприятия города, в тепле и горячей воде.

Никакого первоначального плана по созданию симбиоза не существовало, предприятия начали самостоятельно заключать взаимовыгодные договоры.

Энергетические потоки. До создания симбиоза термическая эффективность использования угля на электростанции составляла 40 %, а мощный потребитель энергии – НПЗ выбрасывал большие объемы горючих газов. НПЗ согласился передавать избыточный газ заводу гипсовых плит, которых устраивала низкая стоимость горючего.

Электростанция начала снабжать новый район города, а также фармацевтическую компанию и НПЗ отработанным паром. Обогрев района паром позволил ликвидировать 3500 печек, работающих на мазуте (громадный рассредоточенный источник загрязнения атмосферы).

Электростанция стала использовать для охлаждения морскую воду вместо пресной из озера Тиссо; часть нагретой морской воды стали направлять в пруды по разведению рыбы.

Часть угля на электростанции заменили газом с НПЗ, это стало возможным после того, как на НПЗ построили установку для очистки сбросных газов от серы, иначе газы не соответствовали стандарту на топливо.

Материальные потоки. Шлам с фармацевтического завода и после очистки прудов по разведению рыбы стали использовать в качестве удобрения на растениеводческих фермах.

Цементный завод для технологических нужд стал использовать воду с электростанции.

Гипс после известняковой очистки отходящих газов электростанции стал использоваться на заводе гипсовых плит в качестве сырья, покрыл 2/3 его потребности.

После очистки попутного газа на НПЗ улавливалась масса сернистых соединений, что послужило причиной создания производства серной кислоты.

Избыточные дрожжи от производства инсулина стали использовать в качестве корма для свиней.

Симбиоз позволил вовлеченным в него предприятиям снизить затраты на производство продукции и уменьшить загрязнение окружающей среды в регионе. Вложения – 60 млн. \$ дали доход – 120 млн. \$.

Организация и функционирование данного симбиоза позволили сделать следующие общие выводы:

- предприятия могут быть разные по профилю, но должны быть готовы к кооперации;
- расстояние между ними должно быть небольшим, что особенно важно при передаче между ними сырья и некоторых материалов;
- все контракты между предприятиями должны заключаться на двухсторонней основе;
- каждый проект должен быть экономически привлекательным;
- риск для каждого участника должен быть минимальным.

Следует отметить, что организующей системы не было, и вряд ли она могла быть. После образования симбиоза власти города стали обращать на него внимание.

Справедливости ради следует отметить, что это практически единственный пример промышленной экосистемы. Созданию симбиоза способствовало географическое положение города, природно-климатические условия и то, что город очень небольшой – всего 500 домов. Например, использование морской воды для охлаждения на электростанции стало возможным благодаря низкой минерализации воды Балтийского моря (сухой остаток – 7500 мг/л). Вода Черного моря (сухой остаток – 16000 мг/л) вызвала бы отложение солей на поверхностях теплообмена.

Экопромышленные парки

Особая форма промышленных экосистем – экопромышленные парки (ЭПП). В них появляются условия для более эффективной (экономически и экологически) организации жизнедеятельности региона. Подход тот же, что и при организации ТПК, но с более тесными и целенаправленными связями между предприятиями и на меньшей территории.

ЭПП – объединение производителей товаров и услуг, желающих улучшить экономическое и экологическое состояние путем совместного управления природными ресурсами (энергией, водой, материалами) и окружающей средой (ОС). Работая вместе, производители надеются получить коллективный доход больше, чем имели бы по отдельности.

Цель ЭПП – улучшить экономическое состояние участников и уменьшить нагрузку на ОС. Данный подход включает планирование инфраструктуры парка, предотвращение загрязнения ОС, повышение эффективности использования материальных и сырьевых ресурсов. Через взаимную кооперацию эти предприятия становятся промышленной экосистемой.

Один из наиболее известных парков организован в Новой Шотландии (Канада).

Парк создан группой ученых и объединил в себе 1200 крупных и средних предприятий. Основные принципы и стратегии объединения предприятий в промышленную экосистему были следующие:

- организация материальных и энергетических потоков между предприятиями, информационной системы об отходах, привлечение компаний по сбору, обезвреживанию и утилизации отходов;

- увязка в единый природный комплекс зданий и парка, обогрев жилищ солнцем и использование болот для обезвреживания природных вод;

- создание доступной информационной системы о необходимых материалах, используемой энергии, образующихся отходах;

- организация обратной связи внутри предприятий и между ними, а также с руководством парка.

Специально для управления парком и предприятиями, входящими в него, был разработан программный комплекс ECOPARK. Он содержит базу данных о предприятиях, используемых материалах и технологиях, законодательстве и регламентирующих документах, правительственной помощи, продукции из рециркулируемых и восстановленных материалов, проводимых исследованиях. Этот программный продукт позволяет проводить маркетинговые исследования и технико-экономическое обоснование строительства новых предприятий, реконструкции действующих.

Цель создания ТПК – получение максимальной экономической выгоды, а так как создавались самые ранние ТПК в эпоху первых пятiletок, то об охране окружающей среды слишком не задумывались. Но ТПК является прекрасной базой для организации промышленной экосистемы, что и планируется реализовывать в настоящее время. ЭПП – это промышленная экосистема, обладающая управляющим звеном, за счет чего объединение предприятий становится более целенаправленным, научно обоснованным и, стало быть, более эффективным с экономической и экологической точки зрения.

2.3 Конструирование изделий, предполагающее вовлечение их в производственный цикл после физического и морального износа

2.3.1 Концепция рециклинга

Одна из концепций промышленной экологии – это концепция, в которой продукты, достигшие конца своей полезной жизни, вновь поступают в промышленный поток и становятся частью новых продук-

тов. Основная идея данного подхода – «от колыбели к реинкарнации», а не «от колыбели к могиле», как это было ранее.

Эффективность повторного вовлечения ресурсов в хозяйственный оборот сильно зависит от проекта продукта или процесса, поэтому разработка с учетом возможности рециклирования – это один из наиболее важных аспектов промышленной экологии. Последствия того, что на более ранних стадиях промышленного проектирования возможность рециклирования не принималась во внимание, наглядно иллюстрируется проектированием компьютеров, так как в них не содержатся легко извлекаемые материалы и ежегодно только в США на утилизацию требуется 150 млн.\$. Эта сумма не является окончательной, поскольку три четверти старых компьютеров хранятся у потребителей, поскольку люди неохотно расстаются с дорогостоящими вещами.

Если рассмотреть также и стиральные машины, холодильники, автомобильные пластики и все другие, используемые в настоящее время и не спроектированные с учетом рециклирования продукты, то запасы невозстановливаемых материалов в них оказываются огромными. Извлечение полезных компонентов из большей части этих материалов в настоящий момент более дорого и сложно, чем необходимо, поскольку большинство продуктов не были разработаны с учетом возможности ремонта и рециклирования.

Поэтому конструирование с учетом возможности рециклинга может оказаться чрезвычайно важным для способности общества использовать вторичные материальные ресурсы. Проектировщик должен не просто обеспечить возможность рециклирования отдельных материалов, но и максимально исключить их потери при переработке.

В большинстве случаев повторно использовать материалы, даже с ухудшением их качества, предпочтительнее, чем выбрасывать их. Следовательно, повторно использовать пенополистирольные подносы из кафе в качестве изоляционных панелей или пластиковые бутылки из-под газированной воды как ковровое волокно можно рекомендовать даже тогда, когда исследователи пытаются разработать технологии повторного использования материала для изготовления первоначальных изделий.

Альтернативные стратегии конца жизненного цикла показывает «кометообразная диаграмма» (рисунок 2.3). Пользователи находятся в точке перигелия орбитальной траектории продукта. При приближении к перигелию (части орбиты вверх диаграммы) материалы формируются, перерабатываются в детали, затем в продукты и – продаются.

При отдалении от перигелия продукты и их компоненты либо используются повторно, либо выбрасываются.

Замыкающая петля, очевидно, предпочтительна с экологической точки зрения и чем она короче, тем лучше, поскольку короткие петли сохраняют материалы и энергию, овегцествленные в продуктах во время их производства. Большинство петель требуют переработки, которую обеспечивают различные услуги для перемещения ресурсов с выходящего сегмента орбиты к входящему.

Первоначальный проектировщик продукта определяет варианты петель, доступных пользователю и потенциальному переработчику вторичного сырья. Предпочитаемый ими подход заключается в практике превентивного и «терапевтического» обслуживания в течение как можно более длительного времени, включая модернизацию. Рано или поздно продукт выйдет из строя и возникнет необходимость его коренной реконструкции или замены.

Идеальная конструкция позволяет обновлять и улучшать продукт, изменяя малое число узлов и рециклируя те, которые заменяются. Следующая по качеству конструкция та, которая требует замены продукта, но позволяет многие узлы или большинство из них восстанавливать и рециклировать в новые продукты. Если маловероятно, что узлы сами по себе будут использованы повторно, необходимо попытаться разработать детали узлов с учетом восстановления и использования в нескольких продуктовых циклах.

Обычно наименее желательна из всех альтернатив полная разборка, за которой следует восстановление отдельных материалов в продукте (или, возможно, некоторое количество овегцествленной энергии, если продукт лучше сжигать) и поступление материалов или энергии обратно в промышленный поток.

Выбрасывание продукта без возможности какого-либо из этих вариантов рециклирования обычно неприемлемо и не может считаться необходимой альтернативой с точки зрения промышленной экологии.

Многие аспекты проектирования с учетом возможности рециклирования иллюстрируются рециклированием автомобилей и их деталей. Этот процесс происходит в несколько этапов, причем на каждом этапе имеются свои собственные переработчики (рисунок 2.4).

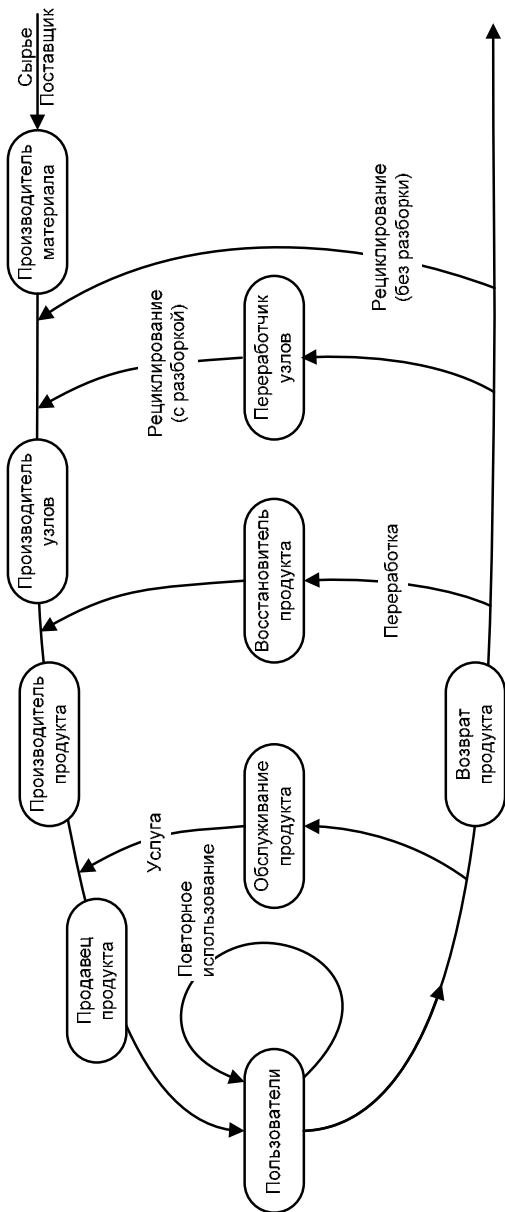


Рисунок 2.3 – «Кометообразная диаграмма», показывающая стратегии повторного использования, восстановления и рециклирования на разных стадиях жизненного цикла продукта

Процесс начинается с транспортировки автомобиля, который считается не пригодным для работы, в пункт разборки. Разборщик удаляет компоненты, которые можно продать: панели корпуса, свинцово-кислотные аккумуляторные батареи, колеса и шины, радиатор, генератор и т. д.

Затем корпус автомобиля продается оператору по размельчению. Операция по размельчению осуществляется крупной машиной, которая рубит корпус на маленькие кусочки размером около 10 см и весом около килограмма. Эти кусочки проходят ряд операций, на выходе которых образуются три потока: «железная» фракция (железо, углеродная сталь, нержавеющие стали), фракция цветных металлов (алюминий, цинк, медь) и остаток, называемый остатком автоматического дробления, – это, главным образом, загрязненные металлами и жидкостями полимерные материалы. Каждый из трех потоков выпуска поступает следующему переработчику: железная фракция – на сталелитейный завод; фракция цветных металлов – на сепаратор цветных металлов, где некоторые металлы сепарируются для перепродажи; бесполезный остаток – к оператору полигона отходов. В некоторых странах и в некоторых случаях отход дробления подвергается пиролизу для получения энергии.

Система рециклирования автомобилей поразительно эффективна при восстановлении транспортных средств в момент окончания их жизненного цикла и повторного использования по крайней мере некоторых их частей и материалов. В более развитых странах около 95 % всех автомобилей в конечном счете рециклируются (для сравнения: 63 % алюминиевых банок, 30 % бумажных продуктов, 20 % стекла и менее 10 % пластика).

Более сложно организованная утилизация автомобилей предполагает их предварительный демонтаж, показанный на рисунке 2.5. Сложность связана с тем, что части, которые демонтировщик извлекает из старой машины, ценны для ряда различных отраслей и производств, и/или с тем, что они представляют трудность для последующих стадий рециклирования автомобилей.

Один из первых извлекаемых агрегатов – свинцово-кислотная аккумуляторная батарея. Иногда сам аккумулятор может быть возвращен на рынок бывших в употреблении деталей, но обычно он как таковой представляет небольшую ценность и продается переработчику свинца, который извлекает свинец и перепродает его производителю аккумуляторных батарей.



Рисунок 2.4 – Последовательность этапов рециклирования автомобилей

Похожие процессы происходят с каталитическим конвертером и с электронными компонентами: каждый поступает к специалистам по извлечению ценных металлов или полезных микросхем либо деталей, а извлеченное сырье передается к переработчикам или дилерам: колеса, моторы стеклоподъемников и сиденья, возможно, радиатор.

Другие могут повторно использоваться после ремонта: генераторы, кондиционеры, даже целиком двигатели. Это особенно важно тогда, когда двигатели и детали больше не выпускаются, и восстановленные и отремонтированные детали – единственный способ поддержания работоспособности старых автомобилей. Широкая доступность отремонтированных деталей и модульных конструкций автомобилей – основные факторы продолжения их жизни.

Более специальные и более сложные узлы также вторично перерабатываются. Развитие в недавнем прошлом автомобильной электроники привело к ограниченному рециклированию электронных деталей, иногда с производством таких же деталей, иногда с извлечением содержащихся в них ценных металлов. Металлы платиновой группы в каталитических конвертерах достаточно ценны, поэтому их начали собирать и рециклировать, как только конвертеры получили распространение.

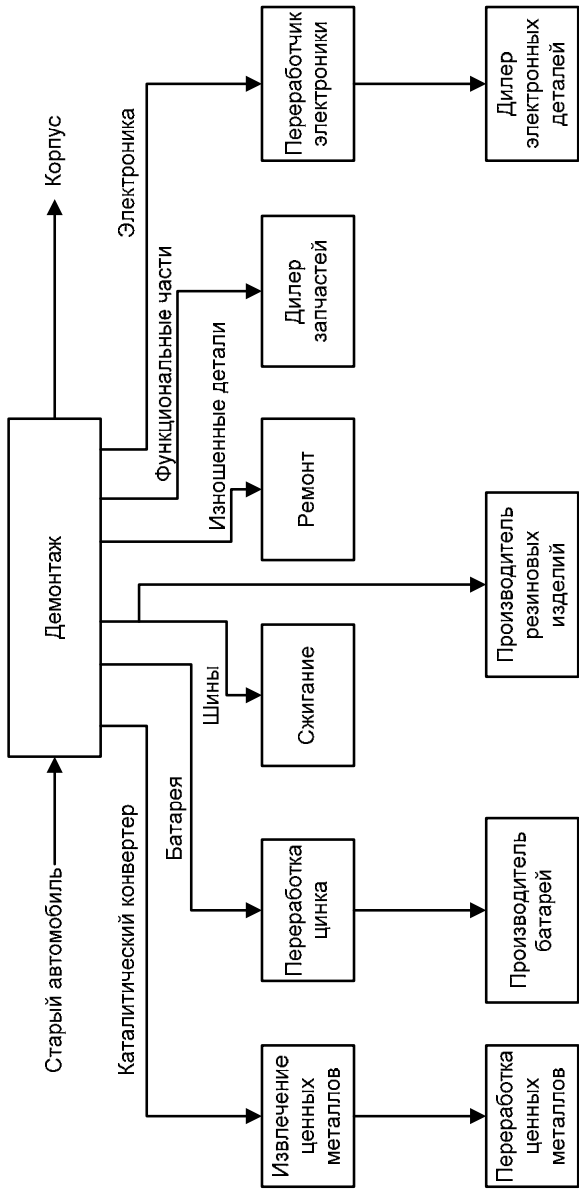


Рисунок 2.5 – Предварительный демонтаж старых автомобилей

Таким образом, в зависимости от глубины исследования потоков сепарированных металлов и перепроданных деталей, рециклирование автомобилей – это деятельность, связанная с дюжиной-двумя независимых участников, каждый со своей собственной ролью, различными технологиями и различными комбинациями автоматических и неавтоматических производств. Эта система возникла спонтанно в результате действия экономических стимулов, а не под воздействием регулирования.

При рециклинге нежелательно использование опасных материалов, присутствие которых препятствует детальному демонтажу, повторному использованию или, если это необходимо, безопасному сжиганию и производству энергии на основе отходов. Там, где должны использоваться опасные материалы, они должны быть легко обнаруживаемы, а компоненты, содержащие их, – легко отделимы.

Также важно избегать объединения неоднородных материалов такими способами, которые усложняют сепарацию. Простой пример продукта, разработанного без учета возможности рециклирования – стеклянная бутылка, крышка которой отвинчивается, оставляя металлическое кольцо. При селективном сборе бытовых отходов сознательному домохозяйину потребуются маленькие кусачки для надлежащей сортировки материала. Более сложные вариации этой темы – металлические покрытия пластиковых пленок, пластик, наплавленный на металл или на другой пластик, или приборная панель автомобиля, которая представляет собой сложную комбинацию металла, дерева и пластика. Каждый раз, когда конструктор использует вместе различные материалы, он должен представить, могут ли они быть разделены, и если да, то как, что очень важно, поскольку трудовые затраты обычно сильно препятствуют рециклированию.

При планировании конца жизненного цикла продукта следует рассматривать два типа рециклирования: по замкнутой петле и по открытой петле. Как видно из рисунка 2.3, рециклирование по замкнутой петле включает повторное использование материалов для изготовления такого же продукта (иногда это называется горизонтальным рециклированием), в то время как рециклирование по открытой петле повторно использует материалы для производства различных продуктов (иногда называется каскадным рециклированием).

2.3.2 Общие вопросы окончания жизненного цикла

Главная причина того, что в развитых странах во всех отраслях используется проектирование с учетом возможности рециклирования, заключается в тенденции правительств и других потребителей требовать или отдавать предпочтение продуктам, учитывающим философию «от колыбели к реинкарнации». Например, в 1991 г. было опубликовано Распоряжение правительства США 12780. Этот документ потребовал, чтобы все правительственные агентства (в совокупности агентства – это крупнейший покупатель страны) начали покупать продукты, изготовленные из рециклированных материалов, и поощрять поставщиков к участию в программах утилизации отходов. В том же году в штате Нью-Йорк был объявлен конкурс на поставку компьютеров для офисов штата, в условиях которого было указано, что одним из факторов оценки при выборе поставщика будет рециклируемость.

Наиболее важный вопрос при вовлечении отходов в производственный цикл – минимизация количества различных материалов и числа отдельных деталей, используемых в конструкции. Эта стратегия проектирования известна как стратегия простоты конструкции (*design for simplicity*). Чтобы понять важность этой рекомендации, представьте, что вы ответственны за еженедельное рециклирование сотен телевизоров, фотокопировальных машин или холодильников. Если вам необходимо разместить, отсортировать, очистить и обеспечить эффективное рециклирование двух-трех металлов и двух-трех видов пластмасс, вы гораздо вероятнее добьетесь успеха, чем если бы вы должны были иметь дело с пятью металлами, четырьмя сплавами, двенадцатью пластмассами и такими разными материалами, как стекло и ткань. Функциональные и эстетические требования к изделиям зачастую требуют разнообразия материалов или сложности конструкции, но минимизация должна быть основным центром внимания для каждого проектировщика.

В большинстве продуктов, спроектированных для длительного пользования, не приходит в негодность все сразу: может сломаться механическая часть, может вытечь или загрязниться нужная жидкость или может прийти в негодность важная деталь. Как отмечено в рисунке 2.3, рециклирование должно происходить в том случае, если свойства изделия уже не восстановить. Если же часть деталей не претерпела физического и морального износа, то эффективный путь повторного использования вторичных материалов – переработка.

Переработка включает в себя повторное использование уже не работающих продуктов путем сохранения деталей, которые еще могут

служить, починки деталей, которые можно использовать, и введением замещающих деталей (идентичных либо модифицированных). Такой процесс часто экономически эффективен и почти всегда экологичен. Переработка требует разумного проектирования, поскольку процесс часто становится возможным или невозможным в той степени, в которой продукт может быть легко разобран и быстро модифицирован. Увеличить срок эксплуатации изделия позволяет модульная конструкция. Она позволяет изменять продукт или его модифицировать в соответствии с меняющимися потребностями покупателей без выбрасывания или замены.

Если конструктор предполагает, что определенная часть проекта, вероятно, будет развиваться или потребует починка или замена ряда деталей, в то время как другие части продукта, возможно, этого не потребуют, то ту часть, которая, вероятно, изменится, можно сконструировать из модулей, так что она может быть эффективно заменена и рециклирована. Использование съемных плат в современных компьютерах и телевизорах служит примером этой философии.

2.4 Рециклирование материалов

2.4.1 Металлы

Чистые металлы могут быть хорошо рециклированы, и многие из них исторически рециклировались в очень высокой степени.

Рециклирование включает повторное прохождение металлического лома через процесс рафинирования, часто после этапа очистки, включающего удаление оксидов и других продуктов коррозии.

Рециклирование металлов осложняется присутствием в ломе несовместимых металлов. Поэтому, по возможности, лучше использовать единственный металл или группу металлов, чтобы повысить возможности рециклирования.

Цена продажи первичного сырья почти логарифмически зависит от его концентрации в породе, из которой оно добывается. В большинстве случаев потоки отходов богаче (т.е. менее разрежены), чем материнская порода первичных материалов, так что можно ожидать, что эффективные операции по рециклированию будут экономически выгодны.

Принцип минимизации разнообразия материалов важен и при переработке металлов. Например, если используется малое количество металла с большим количеством другого металла (кадмиевое покрытие стали). Во время вторичной переработки металл, содержащийся в по-

крытии, обычно сложно или экономически неэффективно восстанавливать, и он обычно теряется в процессе.

Второй пример – рециклирование стального автомобильного лома, смешанного с медной проволокой. Медные вкрапления в стали значительно ухудшают ее механические свойства; предпочитается алюминиевая проволока, если сталь или электропровод должны быть рециклированы совместно.

Экологическое регулирование, как это ни печально, во многих случаях делает рециклирование металлов экономически неэффективным. В случае ртути и кадмия рециклирование сейчас проводят из соображений их токсичности, а не экономической выгоды; так как этих металлов в отходах, как правило, очень мало.

2.4.2 Пластики

Уделяя достаточно внимания проектированию и выбору материалов, можно рециклировать многие пластики, находящиеся в промышленном использовании. Наиболее простой подход состоит в очистке, плавке и гранулировании. Следующая по уровню сложности – деполимеризация, в различной степени разлагающая полимеры. Наиболее уникальны процессы, которые разлагают полимеры до исходных составляющих.

Тип пластика играет большую роль в выборе метода переработки. Термопласты могут быть относительно эффективно размолоты, расплавлены и повторно расформованы. Среди термопластов, для которых сейчас существуют мощности по рециклированию, находятся полиэтилен терефталат (PETE), поливинилхлорид (V), полистирол (PS) и полиолефины (включая высокоплотный полиэтилен (HDPE), низкоплотный полиэтилен (LDPE) и полипропилен (PP)). Эффективность рециклирования этих материалов зависит от их чистоты, поэтому использование красок, негорючих покрытий и других добавок должно быть минимизировано или его вообще следует избегать, если возможно. Наличие пластика многих цветов в производственной линии также сокращает возможности рециклирования. Еще одна проблема заключается в том, что конструкция из пластика при использовании должна быть минимально покрыта смазкой, поскольку это также ограничивает эффективность повторного использования.

Рециклирование термоустойчивых пластмасс гораздо более трудоемко; к этой группе относятся фенольные смолы, полиэферы, эпоксины и силиконы. В процессе образования термоустойчивых пластмасс возникают поперечные химические связи и рециклирование за-

ключается в сокращении числа этих связей до образования веществ с более низкими молекулярными весами в процессах пиролиза и гидролиза. Однако эти процессы эндотермические и в них поглощается большая часть включенной в термоустойчивые пластмассы полезности. Сжигание для получения энергии более предпочтительно, но представляет полное разложение материала, и обычно к этому процессу рециклирования прибегают в последнюю очередь.

При планировании с учетом рециклирования продукта, содержащего пластик, необходимо рассматривать термическую устойчивость материала основной части изделия и компонентов, содержащихся в малых количествах, поскольку переработка будет включать нагревание. Обычно такие добавки, как клей, краски и покрытия, которые не удаляются перед переработкой, разрушаются в формовочных и пресовочных машинах. В результате происходит дегазация, которая препятствует или делает невозможным цикл переработки. Другая потенциальная сложность возникает при рециклировании смешанных полимеров. Часто в результате переработки ухудшаются механические свойства, и при выборе варианта переработки необходима оценка каждого отдельного случая. Например, наличие небольшой доли полиэтилена на основе поликарбоната не препятствует рециклированию поликарбоната.

Независимо от того, насколько эффективно может быть рециклирован пластик, разнообразие используемых пластиков часто затрудняет отличие одного от другого, в особенности если рециклирование проводится лет через десять после производства или еще позже.

При решении этой проблемы были разработаны международные стандарты маркировки пластиковых деталей. Хотя было распространено несколько версий таких стандартов, наиболее широко применяется стандарт Международной организации по стандартизации (International Organization for Standardization (ISO)).

Для изделий, реализующихся на мировом рынке, существует твердое правило: никакая пластиковая часть значительного размера не должна использоваться без нанесенной на нее маркировки ISO.



Рисунок 2.6 – Идентификационная маркировка пластиков

2.4.3 Продукты деревообработки

Из всех видов сырья, которые используются человечеством, для рециклирования лучше всего подходят продукты деревообработки: бумага, картон, древесина и т. д. Само сырье может регенерироваться за несколько десятилетий, а переработанное часто очень долго и успешно используется как бревно для строительства, так и в оконных рамах. После использования значительная доля древесины рециклируется. Наиболее хорошо разработанная система рециклирования – многоэтапный процесс вторичного использования бумаги.

На каждой стадии переработки волокна бумаги укорачиваются и возможности повторного использования сокращаются, при том что нормальный цикл охватывает стадии производства белой бумаги для документов, окрашенной бумаги для документов, газетной бумаги, бумажных пакетов, туалетной бумаги.

Значительные ограничения по рециклированию продуктов деревообработки возникают, когда материалы деревообработки сочетаются с другими материалами, например при добавлении органического клея к древесным стружкам или нанесении пластикового покрытия на древесину или при использовании металлосодержащих антисептиков древесины. Эффективных процессов переработки таких изделий нет, в результате эти продукты часто захораниваются, а не возвращаются в поток материалов. Тем не менее, если покрытие или антисептики создают материал, который можно использовать гораздо дольше, общий экологический результат может быть положительный.

2.5 Влияние способов связывания частей в изделии на эффективность его рециклирования

Способ, которым части связываются в одно целое, оказывает большое влияние на то, будет ли продукт рециклирован после его полезной жизни, вне зависимости от того, были ли его материалы выбраны верно. Способ скрепления деталей может быть чрезвычайно важным для переработчика вторичных ресурсов. Зачастую в продукте наблюдается не только широкое разнообразие типов крепления деталей, но поражает и их количество: 275 для холодильника, 1000 для грузоподъемника, 3500 для автомобиля, 1500000 для большого самолета. Задача конструктора – создать продукт, который крепок и надежен в использовании, но при этом легко разбирается, когда выходит из употребления. Обычно, если продукт разрабатывается с учетом легкости

производства (модульные компоненты, небольшое их число и т. д.), идея проектирования с учетом возможности рециклирования в нем уже реализована. Таким образом, проектировщики должны познакомиться с экологическими преимуществами и недостатками различных методов крепления.

Болты – возможно самый простой из обычных способов соединить детали. Их следует использовать как можно меньше, следует минимизировать число их размеров и типов. Если продукт собирается из модулей, производимых различными поставщиками, то необходимо уделить особое внимание однородности крепежа.

Особенно сложный подход к конструированию с точки зрения рециклирования заключается в использовании металлических вставок с резьбой, включенных в пластик, для их удаления обычно требуется нагрев, тем более что они часто не могут быть отделены с помощью магнитов, обычно используемых на перерабатывающих заводах.

Вместо традиционных видов крепежа существует множество быстросъемных соединяющих приспособлений. Зажимы и подобные им крепления обычно делаются из металла, но все чаще используют соединение поверхностей по принципу «крюк-и-петля», в особенности для больших панелей, таких, как, например внутренняя обивка потолка в салоне автомобиля. Существуют соединения «крюк-и-петля» нормальной и промышленной прочности, безопасные в использовании и легко отделяющиеся после использования.

Более надежный способ, но требующий очень точной механической обработки, – использование частей, которые прочно скрепляются вместе, возможно, с ограничительными вставками, вообще без всякого крепежа.

Желательно также, чтобы маркировка и корпоративные логотипы были вытеснены, а не приклеены на продукты. Если они изготовлены из иного материала, приклеены или вложены в продукт, то они должны быть легко открываемыми.

Следует избегать крепежных деталей, которые делают разборку продукта сложной и долгой. В эту категорию попадают заклепки, гайки и болты, химические связи в однородных или (что еще хуже) неоднородных пластиках. Также на заводе по рециклированию трудно иметь дело со сварными швами между металлами.

2.6 Планирование возможности рециклирования

2.6.1 Проектирование с учетом возможности демонтажа

Проектирование товаров длительного пользования с учетом возможности демонтажа уже происходит. Например, чайник для заварки, выпущенный на рынок фирмой Polymer Solutions, Inc., совместным предприятием GE и Fitch Richardson Smith, которое делает формованные детали в США и использует британские нагревательные элементы и переключатели. Из-за того, что стали использовать методы скрепления, предполагающие простой демонтаж, инженеры обнаружили, что допуски на предотвращение течи стали гораздо более жесткими, чем в более старых методах производства, и качество изделия повысилось.

Существуют два метода демонтажа. Один – обратная сборка (reverse assembly), при которой удаляются винты, открепляются прикрепленные детали и т.д. Второй – с применением «грубой силы», в котором детали ломаются или разрезаются на части. Если детали разработаны под быстрое и эффективное разделение, может подойти любой вариант. В противном случае успешный выбор проекта часто может быть кошмаром во время демонтажа: специальные инструменты, которые были нужны для сборки специализированных деталей, могут быть недоступны при демонтаже, а вставки или покрытия могут загрязнять другие материалы после разборки с применением «грубой силы», которые в противном случае могли бы быть использованы. Как и во многих других аспектах проектирования с учетом требований окружающей среды, простое и распространенное обычно следует предпочитать экзотическому.

В проектировании с учетом возможности демонтажа применяются удобные и эффективные методы. Среди наиболее полезных – «обратная диаграмма рыбьей кости». Стандартная «диаграмма рыбьей кости», обычно используемая в промышленном проектировании, показывает последовательность, в которой компоненты продукта собираются из материалов и деталей низкого уровня, и порядок сборки конечного продукта из деталей. «Обратная диаграмма рыбьей кости» – картина идеального процесса демонтажа, показывающая порядок удаления и разделения деталей.

Потребность в конструировании с учетом демонтажа часто может стимулировать большую изобретательность, как, например, попытки BMW спроектировать спортивную машину с пластмассовым корпусом. Панели корпуса разработаны так, чтобы их можно было полностью снять с металлических шасси за 20 минут; они сделаны из рецик-

лируемого термопластика, поставляемого GE Plastics Corporation. Достоинство этой конструкции еще в том, что ее гораздо проще отремонтировать ввиду простоты разборки.

При демонтаже очень важно определить материалы, из которых был изготовлен продукт, и функции его модулей и компонентов.

Фирма-производитель редко получает свои собственные продукты на рециклирование, а перерабатывающие предприятия получают изделия различных компаний.

Решить эту проблему предлагает центр Sony в Штутгарте, (Германия), включив в конструкцию «зеленый порт» (электронный модуль, содержащий данные о продукте, защищенные от неумелого обращения). Но данное устройство ввиду его высокой стоимости будет оправдано только при использовании на относительно дорогих и долговечных продуктах.

2.6.2 Приоритеты при рециклировании

Для реализации концепции рециклинга American Electronic Association разработала приоритетный ряд. Обычно более предпочтительно:

- сокращение содержания видов материалов в изделии;
- повторное использование деталей/ремонт агрегатов;
- переработка;
- рециклирование материалов;
- сжигание с получением энергии (если это безопасно).

Обычно наименее предпочтительно размещение на свалках или полигонах.

Транспортировка отходов существенно тормозит реализацию концепции рециклинга, так как вносит дополнительные издержки, и если приходится перевозить на значительные расстояния, то экономическая эффективность мероприятия исчезает.

Рециклирование продуктов – не всегда правильная политика и не следует автоматически принимать решения рециклировать каким-то определенным образом. Возврат отходов в производственный цикл должен производиться только после проведения технико-экономического обоснования. Например, повторное использование емкостей для напитков целесообразно осуществлять только в том случае, если сырье просто и недорого собирать, транспортировать или использовать повторно. Другой пример: со старым оборудованием, не предназначенным для повторного использования или переработки, редко можно сделать что-либо, кроме извлечения материалов, и даже

это может быть сложным и дорогим. Так как решения по рециклированию должны приниматься с позиций логики и на основе экономического анализа, то зачастую целесообразнее выбросить в отходы старые, разработанные без учета требований окружающей среды, предметы. Также важно, чтобы рециклирование не приводило к большему воздействию на окружающую среду, чем его отсутствие.

Контрольные вопросы по разделу 2

1. Какие требования при создании малоотходных технологических процессов должны предъявляться к организации производства?
2. Каким должно быть сырье, чтобы при его переработке количество отходов минимизировалось?
3. Объясните сущность понятия «эко-эффективность».
4. Почему кооперирование производств способствует экологизации производства?
5. В чем отличие двух форм кооперации производств – ТПК и ЭПП?
6. Почему стало возможным образование промышленного симбиоза в г. Калундборге?
7. Основные идеи концепции «от колыбели к реинкарнации».
8. Что показывает «кометообразная» диаграмма?
9. При каких условиях эффективен рециклинг металлов и пластиков?
10. Каким образом выгоднее связывать детали в изделии, чтобы его рециклинг был целесообразен?
11. Приоритетный ряд рециклирования изделий.

3 ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1 Снижение отрицательного влияния на природную среду горнодобывающей промышленности

Ежегодный объем переработки горной массы при добыче полезных ископаемых в СССР составлял в 80-е годы более 15 млрд.т. Однако существующая технология добычи и обогащения полезных ископаемых приводила к тому, что, собственно, на полезные ископаемые приходилась лишь сравнительно небольшая часть этого объема: вмещающие и вскрышные породы составляли примерно 10 млрд.т. Ежегодно только таких пород перемещали в отвалы более 800 млн. м³, а общий объем отвалов горных предприятий СССР оценивали величиной, превосходящей 2,5 млрд. м³.

В угольной промышленности, например, из более чем 2 млрд. т добываемой горной массы собственно на уголь приходилось лишь около 20%, остальная масса поступала в отвалы, степень утилизации которых не превышала 4%. Подобные отвалы занимают многие десятки тысяч гектаров земель и неблагоприятно влияют на окружающую среду.

Между тем, отвалы открытой и шахтной разработок полезных ископаемых, как правило, являются ценным сырьем для производства ряда материалов (в основном строительных), а также содержат различного вида глины, каменные и песчаные материалы, мел и другие компоненты.

Еще более ценными являются отвалы обогатительных предприятий ряда отраслей промышленности, содержащие гамму ценных компонентов. Так, на обогатительных фабриках цветной металлургии с отвальными хвостами теряется все железо, содержащееся в руде, а также значительное количество серы, окисленных соединений металлов, ряд редких и рассеянных элементов.

В настоящее время оба этих вида отходов (отвалы вскрыши и хвосты обогащения) используют незначительно. Между тем, проведенные исследования, производственные испытания и опыт работы ряда промышленных производств показывают, что отходы добычи и обогащения полезных ископаемых служат прекрасным сырьем для производства пористых заполнителей бетонов, строительного кирпича и керамики, штукатурных и кладочных растворов, щебня и других ма-

териалов, пользующихся большим спросом, в первую очередь, в строительстве.

3.1.1 Производство кирпича и керамики из отходов угледобычи

На территории бывшего СССР свыше 1 млн. т отходов углеобогащения используют в качестве топливной и отошающей добавки (10-15%) к шихте для производства кирпича из глины. Перспективно их использование и в качестве основного сырья для формования изделий эффективной пустотелой строительной керамики. При этом за счет экономии технологического топлива (в результате использования горючих, содержащихся в отходах) и исключения затрат на добычу глинистого сырья значительно снижается себестоимость продукции.

Анализ химического состава технологических отходов 80-ти углеобогатительных фабрик основных угольных бассейнов СССР показал достаточно стабильное содержание в них Al_2O_3 и SiO_2 , что позволяет использовать их как сырье для производства керамических изделий. В исходном состоянии эти отходы не размокают в воде, но после дробления и помола их глинистая составляющая высвобождается, и отходы приобретают способность образовывать с водой пластичную массу, из которой может быть сформован кирпич-сырец, превосходящий по некоторым свойствам аналогичные изделия из обычной глины.

Производство глиняного (красного) кирпича заключается в обжиге формованной глиняной массы, в которую добавляют опилки, некоторые органические отходы, просеянный уголь в качестве топливного (выгорающего) компонента. Для уменьшения усадки при сушке и обжиге, а также для предотвращения деформации и трещин изготавливаемых керамических изделий в жирные пластические глины вводят природные (кварцевые пески) или искусственные (дегидратированная глина, шамот) отошающие материалы. Обжиг изделий из таких отходов обычно проводят в условиях, обеспечивающих завершение процесса выгорания углерода к моменту начала интенсивного спекания черепка.

3.1.2 Использование отходов угледобычи в производстве аглопорита

Уголь, содержащийся в отходах углеобогащения, может быть использован как топливо при термической переработке (в смеси с глинистыми породами) в различные строительные материалы. Таким способом получают, например, аглопорит – искусственный легкий пористый наполнитель для бетонов, производство которого налажено в ряде за-

рубежных стран и развивается в России. Технология производства аглопорита может быть различной. На ряде заводов она заключается в термической обработке методом агломерации гранулированной шихты из глинистых пород или отходов добычи, обогащения и сжигания углей с последующим дроблением получающегося в результате спекания «коржа» и выделением при расसेве требуемых фракций заполнителя. Аналогично можно перерабатывать отходы обогащения горючих сланцев.

3.1.3 Производство диоксида серы из отходов углеобогащения

Производимое с целью уменьшения содержания серы углеобогащение сопровождается образованием углистого колчедана, содержащего 42-46 % серы и 5-8 % углерода. Его запасы только в Подмосковном угольном бассейне достигают 60 млн. т.

Углистый колчедан является потенциальным сырьем для производства серной кислоты, однако непосредственная его переработка в SO_2 путем обжига приводит к получению низкоконцентрированных газов (в результате их разбавления образующимся CO_2) и связана с техническими трудностями ввиду необходимости отвода избыточного тепла экзотермических реакций. Высокотемпературная переработка углистого колчедана совместно с гипсом (40-45 %) в механических печах не обеспечивала разложения последнего больше чем на 20 %, и приводила к образованию высокосернистого (10-15 % S) огарка.

В промышленной практике нашел использование способ производства SO_2 путем термической переработки флотационного колчедана совместно с сульфатами железа, являющимися отходами процессов травления металлов в черной металлургии и метизной промышленности, при получении пигментного TiO_2 . Выход сульфатов железа в этих производствах составляет примерно 500 тыс. т/год в виде $FeSO_4 \cdot 7H_2O$. Целесообразно в этом процессе флотационный колчедан заменить на углистый.

На практике соотношение сера сульфатная: сера сульфидная берут, исходя из теплового баланса, обеспечивающего автотермичность экзотермической реакции обжига углистого колчедана и процесса эндотермического разложения сульфатов железа. Обжиговые газы, максимальная концентрация SO_2 в которых не превышает 18,3 %, направляют в промывное отделение серноокислотного производства.

3.1.4 Переработка и использование сопутствующих пород

Вскрышные и *попутно извлекаемые* породы при добыче полезных ископаемых содержат разнообразные компоненты, являющиеся ценным сырьем для промышленности строительных материалов. Так, мел может быть использован для производства белого цемента и воздушной строительной извести, а также в производстве минеральной ваты, стекла и резиновых изделий. *Глинистые сланцы* являются хорошим сырьем для производства портландцемента. Белый портландцемент изготавливают из маложелезистого клинкера, серый цвет обычного цемента обусловлен, главным образом, содержанием соединений железа в исходных сырьевых материалах.

Из *песчаных пород* можно производить тарное стекло, а *песчано-глинистые породы* можно использовать в производстве кирпича. На основе таких отходов можно получать заполнители для бетонов, штукатурные и кладочные растворы. Основой для производства почти всех известных видов строительных материалов могут служить *горелые породы* – пустые породы, сопровождающие залежи каменных углей, обожженные при подземных пожарах (они получают и при самовозгорании терриконов). Ряд горнорудных отходов можно использовать в качестве удобрений в сельском хозяйстве.

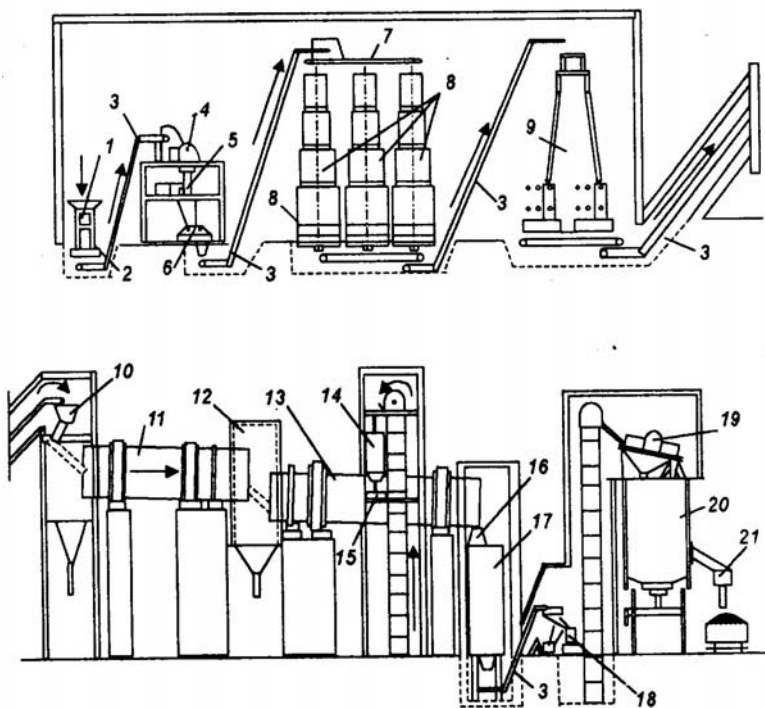
Среди попутно извлекаемых и вскрышных пород значительное место занимают пластичные глины. Так, в Никопольском бассейне их запасы оцениваются в 430 млн. м³, а ежегодный выход составляет 9,5 млн. м³. Такие глины являются хорошим сырьем для производства керамзита, служащего искусственным пористым наполнителем для легких бетонов и хорошим теплозвукоизоляционным материалом.

Обычно керамзит получают путем обжига легкоплавких (<1350 °С) глинистых пород с добавками порообразующих материалов (соляровое масло, торф, сульфитно-спиртовая барда и др.). В большинстве случаев керамзит получают в виде гравия с размером зерен 5-40 мм или щебня. Плотность керамзитового гравия составляет 150-800 кг/м³.

В настоящее время разработаны технологические схемы типовых заводов по производству керамзита (средняя насыпная плотность 500 кг/м³) мощностью 200 тыс. м³/год.

По одному из вариантов этой схемы (рисунок 3.1) исходное глинистое сырье после переработки в камневыделительных вальцах, глиномешалке с фильтрующей головкой и вальцах тонкого помола подают в башни-силосы для гомогенизации, откуда усредненная глиномасса поступает в формующий агрегат. Отформованные сырцевые грану-

лы вводят в двухбарабанную вращающуюся печь, разделенную перегрузочной камерой. В первой части печи происходит подсушка сырцовых гранул, во второй – их обжиг.



- 1 – глинорыхлительная машина; 2 – пластинчатый питатель;
- 3 – конвейер, 4 – камневыделительные вальцы; 5 – глиномешалка;
- 6 – вальцы тонкого помола; 7 – конвейер; 8 – башни гомогенизации;
- 9 – агрегат формования сырцовых гранул; 10 – тарельчатый питатель;
- 11 – барабан тепловой подготовки; 12 – перегрузочная камера;
- 13 – обжиговый барабан; 14 – бункер опудривающего порошка;
- 15 – устройство для опудривания; 16 – измеритель плотности;
- 17 – холодильник; 18, 21 – мерники керамзита; 19 – грохот, 20 – силос готового продукта

Рисунок 3.1 – Схема производства керамзитового гравия

Для опудривания отформованных гранул с целью предотвращения их спекания предусмотрено специальное устройство для введения в зону вспучивания печи огнеупорного порошка. Контроль и корректировка процесса обжига обеспечиваются при помощи измерителя насыпной плотности керамзита, установленного между откатной головкой печи и холодильником. Вспученные зерна керамзитового графия по выходе из печи охлаждают и рассеивают на фракции.

3.1.5 Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными разработками

Перечисленные пути утилизации и переработки отвалов добычи и отходов обогащения полезных ископаемых в значительной степени способствуют их ликвидации, однако на основе только такого рода мероприятий проблема может быть решена лишь частично, так как масштабы этих отходов огромны. Поэтому в нашей стране проводятся работы, связанные с ликвидацией отвалов или их вредного действия на окружающую среду и по ряду других направлений. В частности, с 1962 г. ведутся работы по рекультивации земель, нарушенных открытыми горными разработками.

Рекультивация – это комплекс работ, направленных на воспроизводство и улучшение (а порой и совершенно новое моделирование) всего нарушенного природно-территориального комплекса в целом. В процессе рекультивации различают два основных этапа: *горнотехнический и биологический*.

Задачей первого этапа является подготовка территорий (планировка отвалов, придание откосам нужной формы, покрытие их плодородными грунтами и т.п.) для последующего освоения. Второй этап охватывает мероприятия по восстановлению плодородия нарушенных земель и созданию благоприятных для жизнедеятельности человека ландшафтов.

Рекультивация, таким образом, позволяет не только устранить вредное влияние отвалов горнодобывающих предприятий на биосферу, но и вернуть народному хозяйству значительные земельные площади, которые могут быть использованы для создания лесных массивов, сельскохозяйственного освоения, строительства некоторых объектов и ряда других целей. Проблеме рекультивации в настоящее время уделяется большое внимание.

3.1.6 Закладка выработанных шахтных пространств

С начала 60-х годов в горнодобывающей промышленности нашей страны развиваются способы шахтной добычи полезных ископаемых с закладкой выработанного пространства. С целью максимального удешевления закладочных работ стремятся в качестве закладочного материала использовать как отвалы и хвосты обогащения горных предприятий, так и отходы других отраслей промышленности (шлаки, золы и т.п.). В большинстве случаев способы добычи с закладкой применяют с целью более полной добычи полезных ископаемых, так как при обычной технологии их выемки для компенсации горного давления требуется оставлять под землей так называемые охранные целики, содержащие десятки и сотни миллионов тонн руд и твердого топлива.

Практикуется засыпка выработанных пространств пустой породой, обеспечивающая временное (на период добычи) укрепление кровли и резкое сокращение объемов поверхностных отвалов. В последнем случае предотвратить полностью оседание породной толщи (появление провалов на земной поверхности) не удастся из-за усадки закладочного материала, достигающей иногда 50 % от первоначально заложенного объема. Применение же твердеющего закладочного материала обеспечивает его усадку, не превышающую 5 % даже при десятикратном превышении ожидаемого на глубине давления. Такая монолитная закладка особенно необходима при добыче высокоценных руд, когда недопустимы никакие их потери в охранных целиках.

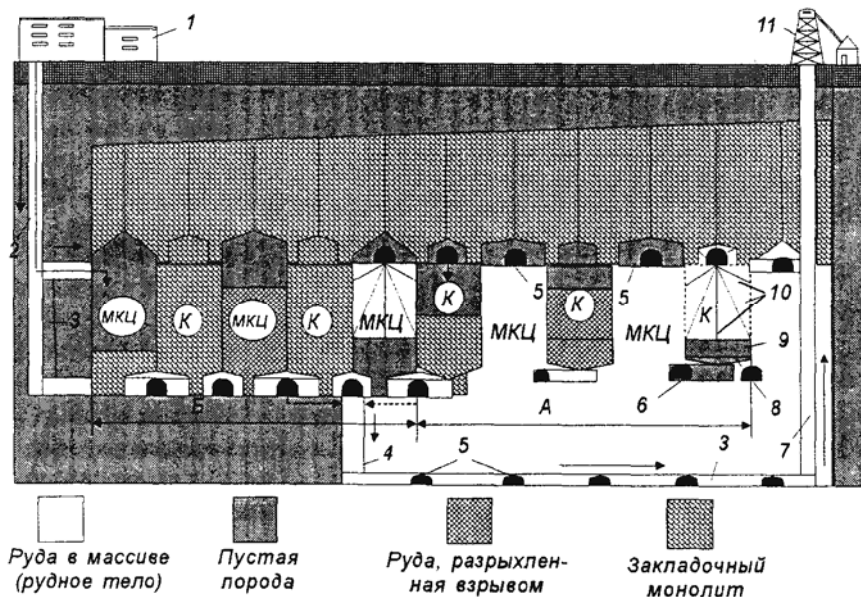
При монолитной закладке закладочный материал должен обладать способностью схватывания (твердения) и иметь предел прочности при одноосном сжатии 2,0-2,5 МПа. Указанные свойства зависят от химического состава, степени измельчения, твердости и некоторых других характеристик используемого для закладки материала. Поэтому различные твердые отходы горных, обогатительных, а также других предприятий не одинаково пригодны для этих целей.

В большинстве случаев к таким материалам (отвалы песчаники, горелые породы, отходы обогащения и др.) необходимо добавлять активаторы схватывания: цемент, известь, гипс, жидкое стекло и др. В то же время отдельные виды измельченных шлаков, например, могут сами выполнять роль вяжущих материалов.

Закладка может быть полной – при заполнении всего объема выработанного пространства, или частичной – при заполнении его в виде слоев или полос.

Приемы заполнения закладочным материалом выработанных пустот могут быть различными. В зависимости от используемых спо-

способов транспортирования и укладки закладочного материала различают гидравлическую, самотечную, пневматическую, гидропневматическую, механическую и ручную закладку. Выбор того или иного приема зависит от принятого порядка проведения горных работ и конфигурации выработанного пространства.



МКЦ – междукамерный целик; К – камера; А – выемка руды из камер;

Б – закладка камер и выемка руды из междукамерных целиков;

1 – комплекс приготовления закладочной смеси; 2 – ствол для подачи закладочной смеси; 3 – штреки для транспортирования руды и подачи закладочной смеси; 4 – рудоспуск; 5 – горизонтальные выработки для разбуривания камер (междукамерных целиков), подачи закладочной смеси и доставки руды; 6 – рудовыпускной канал; 7 – рудоподъемный ствол; 8 – выпускные выработки (воронки или траншеи); 9 – подсечка;

10 – скважины для зарядов взрывчатых веществ; 11 – копер

Рисунок 3.2 – Схема отработки месторождения с использованием монолитной закладки выработанного шахтного пространства

На рисунке 3.2 представлена типичная схема отработки месторождения с монолитной закладкой выработанного пространства.

Согласно рисунку, верхний горизонт месторождения уже отработан и заполнен отвердевшей закладочной смесью. В зоне А находящегося под ним горизонта производят в основном выемку руды камерным способом и ее подготовку к выемке. В зоне Б происходит преимущественно закладка выработанного пространства. Рудное тело этого горизонта поделено на камеры и междукамерные целики. Выемку дробленной руды ведут из камер, боковые стенки которых представляют собой цельную руду (пустую породу) или отвердевшие закладочные массы. В аналогичных условиях проводят и заполнение выработанных камер закладочным материалом.

Закладочный комплекс представляет собой предприятие, оснащенное необходимым для приготовления закладочной смеси оборудованием (дробилки, грохоты, смесители и т.п.). При транспортировании жидкой закладочной массы по трубопроводам в последние, с целью компенсации их гидравлического сопротивления, периодически подают сжатый воздух, а для предотвращения схватывания закладочной смеси к ней добавляют глину.

Использование закладки выработанного пространства при добыче полезных ископаемых является весьма перспективным, так как позволяет не только *увеличить добычу руд и топлива* (за счет охранных целиков), но и *ликвидировать значительную часть хранящихся на земной поверхности твердых отходов промышленности*.

Однако закладка – дорогостоящее мероприятие, существенно сказывающееся на себестоимости добываемых полезных ископаемых. В этой связи большое внимание уделяется вопросам удешевления и сокращения потребления, прежде всего самих закладочных материалов с одновременным увеличением их эффективности. Существенные успехи, в частности, достигнуты в последнее время в области приемов закладки, основанных на вспучивании закладочных материалов.

3.1.7 Геотехнология – как наиболее экологичный способ добычи минеральных ресурсов

При существующей технологии открытой и подземной разработок полезных ископаемых все труднее добиваться более эффективных результатов как с точки зрения дальнейшего повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции, так и с точки зрения охраны природы.

В связи с этим большое внимание уделяется разработке геотехнологических процессов добычи полезных ископаемых, которые ис-

ключают вынос на земную поверхность пустых пород. Под геотехнологией понимают совокупность химических, физико-химических, биохимических и микробиологических методов добычи полезных ископаемых на месте их залегания. Геотехнологические методы выгодно отличаются от обычных методов добычи полезных ископаемых: добычу ведут через скважины, средством добычи служит рабочий агент (теплоноситель, растворитель), исключается тяжелый труд (так как управление процессом ведется на поверхности земли), переработку руды обычно проводят на месте залегания.

К геотехнологическим методам относят скважинную гидродобычу, подземную выплавку полезных ископаемых, подземную газификацию углей, возгонку сублимирующихся веществ и др. (рисунок 3.3).

Скважинная гидродобыча широко практикуется в промышленности, например, для получения рассолов NaCl – сырья для производства хлора, гидроксида натрия (каустической соды) и водорода, а также карбоната натрия (кальцинированной соды). В скважину, пробуренную до залежи каменной соли, нагнетают воду и через нее же отбирают получающийся рассол. Аналогичным путем можно проводить добычу калийных солей.

В ГИГХСе разработан способ гидромеханического разрушения руды с подачей ее в виде гидросмеси через скважину применительно к глубокозалегающим фосфоритам Прибалтики. Этим методом можно эффективно разрабатывать россыпи полезных ископаемых и многие рыхлые руды (железные, марганцевые, бокситы и др.).

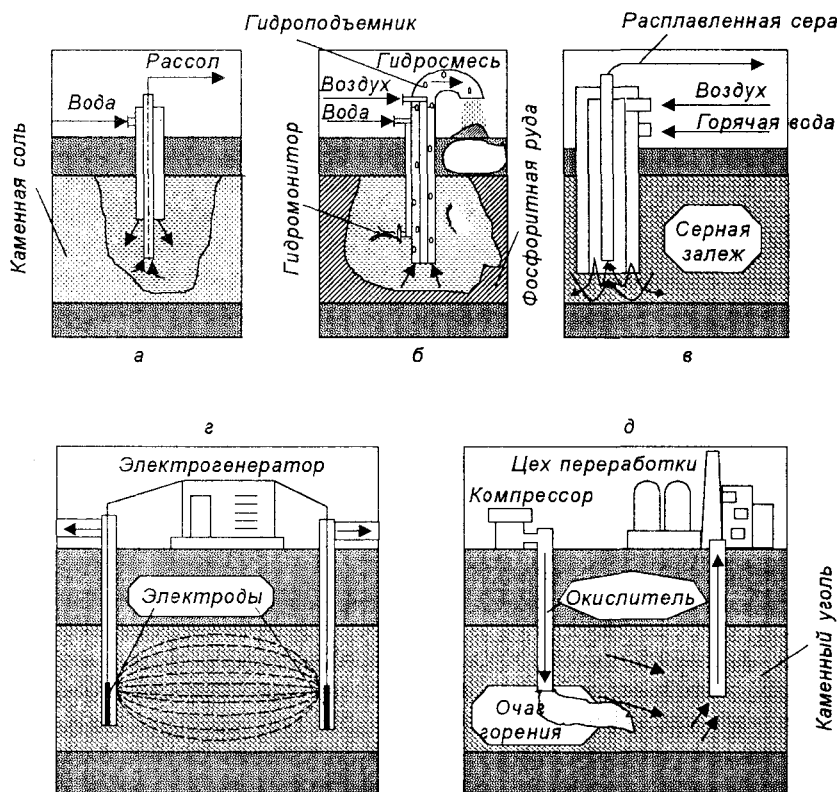
В промышленных масштабах освоена и подземная выплавка легкоплавких минералов, например, серы из ее залежей. Для этого в скважину по одной трубе подают под давлением воду при температуре до 150-160 °С, а по другой – сжатый воздух. Предложено использовать для подземной выплавки битума и серы токи высокой частоты.

Хорошо известен и принцип подземной газификации – добычи горючих ископаемых путем перевода их в газообразное состояние. Он еще не нашел широкого промышленного применения, однако исследования в этом направлении продолжаются.

Большое значение для извлечения из отвалов горных и обогащенных (а также ряда других) предприятий содержащихся в них ценных компонентов имеют методы технической микробиологии – одной из разновидностей геотехнологических методов.

Важная роль микроорганизмов в создании и разрушении горных пород и минералов широко известна. Способность ряда видов микро-

организмов в определенных условиях переводить нерастворимые минеральные соединения в растворимое состояние все шире используют в последние годы для извлечения ценных компонентов, содержащихся в твердых отходах горных и обогатительных предприятий, с помощью методов кучного и подземного бактериального выщелачивания.



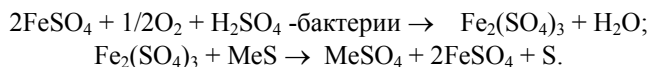
а – подземное выщелачивание соли; б – скважинная гидродобыча; в – подземная выплавка; г – электротехнологическая добыча; д – подземная газификация.

Рисунок 3.3 – Примеры использования геотехнологических методов добычи полезных ископаемых

Под бактериальным выщелачиванием обычно понимают процесс избирательного извлечения химических элементов из многокомпонентных соединений в процессе их растворения в водной среде микроорганизмами. Метод бактериального выщелачивания может быть применен при любом способе выщелачивания, если в нем не используют повышенные температуры и давления.

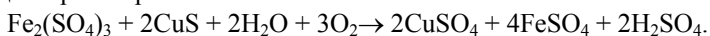
Известно довольно большое число видов микроорганизмов, которые можно применять для бактериального выщелачивания различных элементов из руд. Однако в промышленности наиболее широко для этой цели используют тионовые бактерии (и железобактерии), которые могут окислять двухвалентное железо до трехвалентного, а также сульфидные минералы. Свою клеточную массу они строят из воды и углерода, который получают путем усвоения CO_2 , выделяемого из атмосферы или из руды. Единственным источником энергии для жизненных процессов этих микроорганизмов, являющихся хемоавтотрофами, служат реакции окисления неорганических соединений различных металлов, элементной серы.

Так, железобактерии способны окислять сульфидные минералы, переводя их в сульфаты прямым и косвенным путем. В последнем случае они переводят закисное сернокислое железо в оксидную форму, которая сама служит энергичным окислителем и хорошим растворителем сульфидов:



Сульфат железа (III) быстро регенерируется железобактериями из FeSO_4 , что значительно (в 7-18 раз) ускоряет растворение ряда минералов.

Железобактерии широко используют в промышленности для бактериального выщелачивания меди из отходов и бедных руд. Для их обработки (выщелачивания) используют водный раствор на основе сульфата железа (III) и серной кислоты в присутствии $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 и тионовых бактерий, под действием которого сульфиды меди переходят в растворимое состояние:

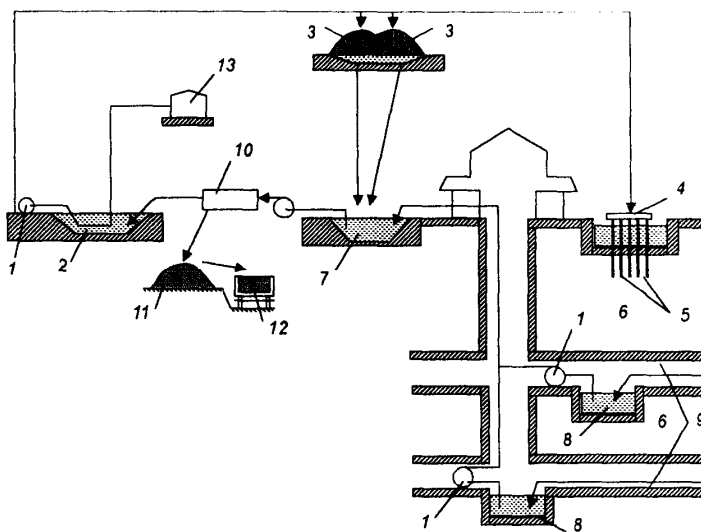


Полученный раствор медного купороса может быть подвергнут цементации (обработке железным скрапом) для выделения металлической меди. Образующаяся медь может быть отделена от циркулирующего в установке выщелачивания раствора в виде концентрата – вяз-

кой темно-коричневой влажной массы, содержащей около 80 % цветного металла. Другим возможным путем выделения меди из раствора после выщелачивания может быть электролиз.

Технологический процесс бактериального выщелачивания может быть оформлен в виде различных вариантов в зависимости от вида обрабатываемого материала (отвалы обогатительных предприятий, подземные залежи, шлаки и т.п.). Наиболее сложным среди них является вариант подземного выщелачивания, более простым по оформлению является кучное выщелачивание отвалов.

Комбинированная схема процессов подземного и кучного приведена на рисунке 3.4.



- 1 – насос; 2 – прудок для выращивания и регенерации бактерий;
 3 – отвалы медьсодержащих руд; 4 – коллектор; 5 – скважины для орошения рудного тела; 6 – обрабатываемый участок рудной залежи;
 7 – отстойник для медьсодержащих растворов; 8 – сборник насыщенных медью растворов в горной выработке; 9 – горизонтальная горная выработка; 10 – цементатор; 11 – сушка цементной меди; 12 – вагон;
 13 – компрессорная установка для обогащения кислородом бактериального раствора

Рисунок 3.4 – Схема кучного и подземного бактериального выщелачивания медной руды

Бактериальный раствор вышеприведенного состава насосом 1 из прудка 2 подается на орошение медьсодержащих отвалов 3 и/или закачивается через коллектор 4 в скважины 5, пробуренные для орошения участка рудной залежи 6. Профильтрованный через толщу отвальной породы и обогащенный медью раствор через дренажную систему самотеком или насосом направляется в отстойник 7. Сюда же насосами подается аналогичный раствор из сборников 8 различных горизонтов 9 шахты медного рудника. Из отстойника 7 насыщенный медью раствор подается в цементатор 10, откуда цементная медь (концентрат) передается на сушку (11) и затаривание (12), а обезмеженный раствор возвращается в прудок 2. Для регенерации и выращивания микроорганизмов в прудок подается воздух из компрессорной 13. Оптимальными условиями для развития тионовых бактерий являются температура 25-35 °С и кислотность раствора, отвечающая значениям рН 2-4.

В нашей стране на ряде комбинатов и рудников работают установки, обеспечивающие получение нескольких тысяч тонн в год дешевой меди (первая промышленная установка по подземному выщелачиванию меди была введена в эксплуатацию в 1964 г.).

В мировой практике метод бактериального выщелачивания в значительных масштабах используют для извлечения из руд урана. Проводятся исследования по бактериальному выщелачиванию с помощью тионовых бактерий ряда других элементов (Zn, Mn, As, Co и др.). Ведется поиск других видов микроорганизмов с целью извлечения более широкого круга полезных веществ. Метод бактериального выщелачивания весьма перспективен для переработки твердых отходов горнообогатительных и других предприятий, так как он позволяет значительно снизить себестоимость ценных полезных ископаемых (чему способствует быстрое размножение микроорганизмов и простота используемой аппаратуры) и расширить сырьевые ресурсы промышленности, обеспечивая реализацию возможности более глубокого комплексного использования минерального сырья.

3.2 Переработка отходов металлургических производств и тепловых электростанций

На металлургических предприятиях и тепловых электростанциях образуются твердые отходы, во многом схожие по природе, характеристикам и способам утилизации.

3.2.1 Отходы черной металлургии

В последние годы перед перестройкой работа предприятий черной металлургии СССР ежегодно сопровождалась образованием более 70 млн. т металлургических шлаков, значительная часть которых не использовалась и поступала в отвалы. По различным районам страны эти шлаки утилизировались неравномерно. Практически полностью использовались шлаки текущего выхода на заводах юга европейской части СССР, где были начаты работы и по утилизации шлаков из отвалов, тогда как, например, на заводах Челябинской области, где ежегодно образовывалось около 15 млн. т металлургических шлаков, а в отвалах находилось более 200 млн. т, их использовалось менее 6 млн. т в год. Имевшиеся ресурсы отвальных шлаков на металлургических предприятиях страны оценивали в 580млн. т.

Кроме того, различные виды металлургического производства – агломерационное, доменное, сталеплавильное, горячего проката, а также травления металлов давали большие массы разнообразных по составу шламов и пылей, также использовавшихся лишь частично. Только общее накопление шламов с содержанием железа около 50 % составляло на заводах черной металлургии примерно 20 млн. т в год. Утилизация и возвращение в производство этих отходов позволило бы заменить около 10 % добываемой товарной железной руды. В целом по металлургическому производству из каждых 4,7 т твердых материалов, необходимых для производства 1 т стали, отходы составляют примерно 0,4 т.

Из общей массы металлургических шлаков наибольший удельный вес приходится на доменные шлаки. К 1990 году в СССР планировалось увеличить объем использования доменных шлаков до 55 млн. т в год и достичь полной утилизации их текущего выхода. В Российской Федерации в 1990 году использовано 26,6 млн. т доменных шлаков, что составило 20 % от имевшихся их ресурсов.

Металлургические шлаки представляют собой силикатные системы с различным содержанием железа. Химический состав и физические свойства шлаков весьма разнообразны. Так, доменные шлаки по химическому составу подразделяют на основные (в которых преобладают CaO и MgO), кислые (с повышенным содержанием SiO_2 и Al_2O_3) и нейтральные с равным содержанием таких оксидов. Отношение содержания CaO и MgO к содержанию SiO_2 и Al_2O_3 называют степенью или модулем основности шлака, а обратное отношение $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ к $\text{CaO} + \text{MgO}$ – степенью или модулем кислотности.

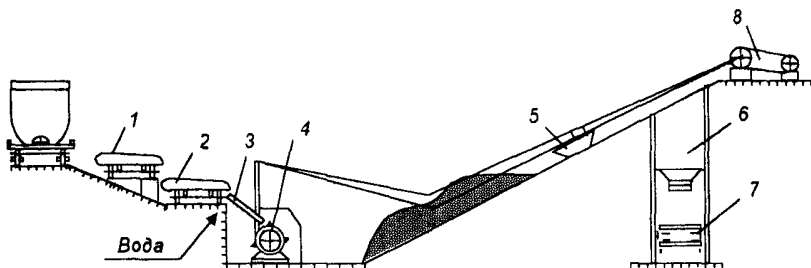
Важнейшими физическими характеристиками шлаковых расплавов являются вязкость, поверхностное натяжение, теплоемкость и др. По этим свойствам можно заранее определить рациональные пути их переработки. Например, короткоплавкие шлаки отличаются повышенным (> 50 %) содержанием CaO и пониженной текучестью; при выливании расплава они быстро загустевают и становятся неподвижными, а при их расплавлении требуется повышенный расход топлива. Некоторые виды шлаков характеризуются низкой устойчивостью и при охлаждении разрушаются, превращаясь в порошок. Такое поведение шлаков может объясняться их силикатным распадом: двухкальциевый силикат шлаков ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) из неустойчивой формы при 675°C переходит в стабильное состояние, что сопровождается увеличением его объема. Известны и другие виды распадов (известковый, железистый, марганцевый).

Металлургические шлаки представляют собой ценное сырье для производства ряда строительных материалов и изделий, являющихся более дешевыми и прочными, чем полученные из природного сырья. В настоящее время практически на всех металлургических предприятиях организованы цехи или отделения по переработке шлаков.

3.2.2 Переработка доменных шлаков

Переработка доменных шлаков возможна несколькими способами, основным из которых в настоящее время является их гранулирование, осуществляемое путем полусухой (на гидрожелобных, барабанных, гидроударных и других установках) обработки по сравнительно простой технологии. Схема одной из установок полусухой грануляции шлака на барабанах представлена на рисунке 3.5.

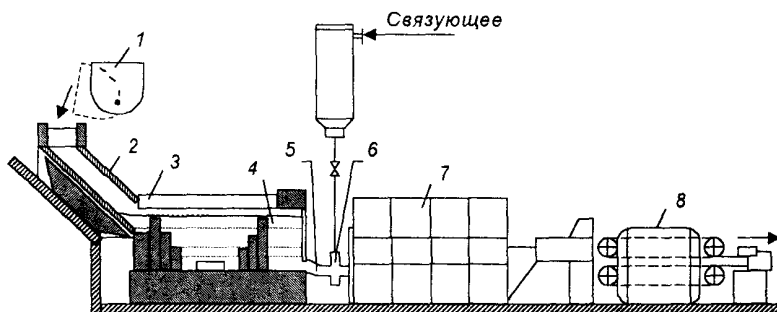
Сливаемый из доставляемого к установке по рельсам опрокидываемого ковша шлаковый расплав поступает на приемный лоток (1) и попадает через промежуточную ванну (2) с ловушками для чугуна на сливной желоб (3), откуда падает на гранулятор (4) – полый барабан, вращающийся со скоростью 250-300 об/мин, снабженный лопастями. Гранулирование расплава осуществляется за счет поступающей в сливной желоб воды, частично охлаждающей и вспучивающей шлак. Окончательное затвердение гранул шлака происходит в воздухе при их отбрасывании лопастями барабана на складскую площадку. Регулируя подачу воды, можно получать гранулят с невысокой (3-5 %) влажностью. Удаление гранулированного шлака со складской площадки производят различными механизмами.



- 1 – приемный лоток; 2 – промежуточная ванна; 3 – сливной желоб;
 4 – барабан-гранулятор; 5 – скреперный ковш; 6 – бункер;
 7 – транспортер; 8 – скреперная лебедка

Рисунок 3.5 – Принципиальная схема процесса полусухой грануляции шлаковых расплавов на барабанах

В последние 15 лет все большее применение находили установки придоменной переработки шлаков, использующие перечисленные выше пути грануляции и являющиеся особенно эффективными и для мощных доменных печей, так как выпуск большого количества шлака требует его быстрой, безопасной и эффективной уборки.



- 1 – шлаковозный ковш; 2 – сливной желоб; 3 – ванная печь; 4 – печь-питатель; 5 – летка; 6 – центрифуга; 7 – камера волокнообразования;
 8 – камера полимеризации

Рисунок 3.6 – Принципиальная схема производства шлаковатных изделий из шлаковых расплавов

Одним из наиболее важных и ценных строительных материалов, получаемых из доменных шлаков, является шлаковая пемза. Этот продукт обычно используется в качестве легкого заполнителя бетонов.

Себестоимость его в 2-3 раза ниже, чем керамзита. Для производства шлаковой пемзы в промышленности используется большое число различных установок, работа которых основана на ряде способов обработки шлаков: траншейнобрызгальном, центробежном, каскадном, водовоздушном, бассейновом, гидроэкранным. Получаемая на них шлаковая пемза характеризуется разнообразными пористостью и объемной массой.

Более сложным в техническом отношении способом переработки металлургических шлаков является изготовление на их основе шлаковой ваты. По сравнению с ее производством из горных пород, обеспечивается значительное снижение трудоемкости и себестоимости получения минеральной ваты с одновременным повышением производительности труда. На рисунке 3.6 представлена одна из схем производства минераловатных изделий из жидких шламовых расплавов.

Шлаковый расплав подается к установке в шлаковозных ковшах (1) и через сливной желоб (2) при опрокидывании ковша заливается в ванную печь (3). Для увеличения модуля кислотности расплава в печь добавляют бой стекла. Разогретый в печи до 1350-1400 °С расплав из печи-питателя (4) через летку (5) подается на ротор центрифуги (6) и под действием центробежных сил превращается в волокна. Для превращения жидкого шлака в волокна применяют также дутьевой (обработка потоком пара, воздуха или дымовых газов) и комбинированный (центробежный и дутьевой) способы. Внутри центрифуги подают связующий материал (например, водные растворы фенолформальдегидных смол). Образующиеся волокна, пропитанные связующим, осаждаются на движущейся сетке в камере волокнообразования (7) и в виде минераловатного ковра передаются в камеру полимеризации (8), где при повышенной температуре связующее переходит в твердое неплавкое состояние, обеспечивая достаточно прочную связь отдельных волокон между собой. После охлаждения минераловатный блок разрезается на мерные длины и в виде готовой продукции упаковывается в водонепроницаемую бумагу.

Металлургические шлаки являются хорошим сырьем для получения высокоэффективных строительных материалов – шлакоситалловых изделий. Для варки шлакоситаллов шлаки должны быть измельчены до размеров частиц меньше 1 мм и вместе с другими компонентами (песок, добавки) подвергнуты разогреву до температур около 1500 °С. В этой связи наиболее целесообразным является использование шлаковых расплавов, хотя в этом случае осложнен процесс их смешивания с добавками. Для варки шлакоситаллов отношение холодных сыпучих

добавок и шлака по массе составляет примерно 40 : 60, а объем добавок больше объема шлака. Ввиду того, что при охлаждении до 1300-1350 °С шлак кристаллизуется, смесь ингредиентов необходимо поддерживать при 1450-1500 °С и интенсивном перемешивании. Для предварительной варки шлакоситаллов целесообразно использовать конвертор.

Варка шлакоситаллов проводится в регенеративных печах ванного типа, где при высокой температуре (> 1500 °С) интенсивно происходят процессы осветления расплава и его дополнительного усреднения вследствие выделения газовых пузырьков. При этом снижается расход топлива и резко повышается производительность печи, так как отсутствуют затраты тепла на плавление сырьевых материалов. Специфическими условиями процесса являются необходимость поддержания восстановительной среды в печи в начале процесса варки и слабоокислительной – в конце, что достигается изменением соотношения воздуха и газа в горелках печи.

Для производства шлакоситаллов используют такие составы, в результате кристаллизации расплавов которых образуется минерал или твердый раствор нескольких минералов при минимальном содержании стекловидной фазы. Катализаторами кристаллизации являются сульфиды, присутствующие в перерабатываемых шлаках или образующиеся при введении в шихту специальных добавок.

Расплав из ванной печи подается питателями в прокатные станы поточных механизированных линий, откуда лента ситалла направляется в кристаллизаторы, где электрическим или газовым обогревом поддерживается температура, соответствующая заданным режимам кристаллизации. После этого полотно шлакоситалла охлаждается, разрезается на куски требуемых размеров, надламывается и в виде разделенных фрагментов передается на обработку кромок и сортировку.

3.2.3 Способы утилизации сталеплавильных шлаков

Масштабы образования сталеплавильных шлаков примерно вдвое меньше, чем доменных. В СССР данные отходы включали приблизительно 66 % мартеновских, 29 % конверторных и 4 % электросталеплавильных шлаков. Основная часть этих шлаков не используется и поступает в отвалы. Так, в 1990 году в России было использовано 26,6 млн. т шлаков сталеплавильного производства, что составило лишь 5,7 % от их ресурсов.

Сталеплавильные шлаки содержат железо (до 24 % в виде оксидов и до 20 % в металлической форме), до 11 % MnO, различные окси-

ды (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Cr_2O_3 , P_2O_5) и сульфиды (FeS , MnS и др.). Они характеризуются большой плотностью (до $3,2 \text{ т/м}^3$) и имеют неоднородную структуру (включения королек металла, кусков нерастворенной извести и др.).

Состав и свойства сталеплавильных шлаков определяют возможные направления их переработки и использования. В основном они идут:

- на изготовление щебня (около половины перерабатываемой массы);
- около трети их утилизируемого количества используется в качестве оборотного продукта (в виде флюса в доменной шихте и вагранках);
- примерно пятая часть перерабатывается в минеральные удобрения;
- весьма незначительное количество идет на изготовление минераловатных изделий;
- в опытно-промышленных масштабах небольшие количества этих шлаков гранулируют.

При переработке сталеплавильных шлаков в первую очередь из них извлекают металл.

Отдельные виды мартеновских шлаков подвержены распаду: модификация Y – ортосиликата кальция и свободная известь высокоосновных шлаков вызывают их растрескивание и самораспад. Для устранения разрушающего действия этих соединений в изделиях на основе шлаков последние предварительно обрабатывают в закрытых емкостях паром в течение 2-3 часов или длительное время выдерживают на воздухе.

3.2.4 Переработка шлаков цветной металлургии

Согласно химическому составу шлаки цветной металлургии могут быть условно объединены в три группы. В одну из них можно объединить шлаки никелевых заводов и определенную часть шлаков медных заводов, отличающихся малым содержанием цветных металлов и железа. Извлечение ценных компонентов из таких шлаков экономически нецелесообразно, поэтому наиболее приемлемым путем их использования является переработка в строительные материалы и изделия. Вторую группу составляют медные шлаки, отличающиеся значительным содержанием железа, малым содержанием меди и присутствием до 5% цинка и свинца. Такие шлаки целесообразно перерабатывать лишь при комплексном извлечении из них цинка, свинца и железа с

одновременной утилизацией силикатной части. Наконец, в третью группу следует объединить оловянные и свинцовые шлаки, а также некоторые медные шлаки, отличающиеся значительным содержанием цинка, свинца и олова, что делает экономически целесообразным их извлечение из шлаков даже без комплексной переработки последних.

Технология переработки шлаков цветной металлургии выбирается в зависимости от их состава и физико-химических свойств (вязкость, плавкость, фазовый состав, структура, энтальпия, электропроводность и др.). В промышленности для переработки шлаков с целью извлечения их ценных компонентов используются способы фьюмингования, вельцевания и электротермической обработки.

Процесс фьюмингования широко используется для переработки цинксодержащих свинцовых шлаков. Суть процесса заключается в том, что через слой расплавленного шлака, находящегося в шахтной печи, продувают под давлением воздух с угольной пылью. При этом воздух подают в количествах, не достаточных для полного сжигания угля, что приводит к образованию оксида углерода, восстанавливающего содержащиеся в шлаке оксиды металлов. Образующиеся пары металлов окисляются над расплавом воздухом до оксидов, уносимых газовым потоком из печи и отделяемых затем в пылеуловителях.

Работа шлаковозгоночной фьюминг-печи является периодической. Заливка жидкого шлака продолжается обычно 10-15 минут и с ее началом производится подача в печь воздушной пылеугольной смеси, продолжающаяся 1.5-2 часа. В расплав можно вводить добавки твердых шлаков. По окончании продувки в течение примерно 10 минут производится выпуск шлака из печи, после чего шлак гранулируют непосредственно или после отстаивания с целью выделения бедного штейна при наличии в шлаке меди и серебра. Шахтные фьюминг-печи позволяют перерабатывать 250-700 т шлаков в сутки.

Переработка шлаков вельцеванием проводится в горизонтальных наклонных трубчатых вращающихся печах в присутствии восстановителя при температурах 1100-1200° С. В таких условиях при непрерывном перемешивании реакционной массы протекают реакции восстановления цинка, свинца и редких элементов до металлов. Возогнанные пары металлов окисляются над шихтой до оксидов, уносимых из печи и улавливаемых в системах очистки газов. При вельцевании переработке подвергают сырье с зернением 3-5 мм и кокс (50-55 % от массы шихты) с размером зерен до 15 мм. Приготовленную из этих компонентов шихту непрерывно загружают в печь, через которую она проходит в течение 2-3 часов. При недостатке тепла в разгрузочном конце

печи устанавливают газовую (мазутную) горелку. В этом случае к технологическим газам добавляются топочные.

Присутствующий в шихте сульфид свинца сплавляется с сульфидами других металлов и образует штейн, стекающий к разгрузочному концу печи. Содержащиеся в шихте благородные металлы и медь в условиях процесса вельцевания не возгоняются и практически нацело остаются в твердом остатке вельцевания – клинкере, который при значительном содержании этих металлов затем перерабатывают с целью их извлечения. Степень извлечения свинца и цинка в возгоны при вельцевании составляет > 90 %.

При электротермической переработке можно обрабатывать как жидкие (в отличие от вельцевания), так и твердые (в отличие от фьюмингования) шлаки. При переработке отвальных шлаков плавку ведут в руднотермических печах. Электроды печи погружаются в шлак, служащий телом сопротивления. Электротермическая переработка шлаков представляет собой восстановительный процесс взаимодействия расплава с находящимся на его поверхности коксом. В результате протекания при 1250-1500 °С ряда окислительно-восстановительных процессов происходит восстановление цинка, возогнанные пары которого направляются в конденсатор, где цинк превращается в жидкий металл, подвергаемый ликвации с последующим рафинированием или отливкой в чушки для отправки потребителям. Несконденсированный в металл цинк улавливается в виде пыли в пылеуловителях.

После возгонки цинка шлак сливают из печи и передают в отвал или на извлечение железа с одновременным использованием его силикатной части. Отделяемый штейн с достаточной концентрацией меди передается в медеплавильное производство. Свинец, отделяемый от цинка при ликвации, вместе с черновым металлом, образующимся в электропечи, передается на рафинирование.

Следует отметить, что перечисленные шлаковозгоночные процессы не обеспечивают полного извлечения всех ценных компонентов перерабатываемых шлаков. Фьюмингование и вельцевание, в частности, позволяют извлекать из шлаков цинк и свинец, однако не обеспечивают необходимого их удаления, а также извлечения меди, благородных металлов и железа. Поэтому прошедшие переработку шлаки не являются отвальными. На практике эти процессы используют для переработки шлаков, образующихся при плавках медно-цинковых и свинцовых концентратов, так как значительное содержание в таких шлаках цинка и свинца обеспечивает рентабельность их извлечения.

Помимо перечисленных способов переработки шлаков цветной металлургии разработаны и продолжают разрабатываться другие способы, направленные на комплексное использование металлургического сырья:

- карбидотермический – осуществляемый в электропечах с использованием в качестве флюса известняка и коксика;

- цементационный – основанный на восстановлении оксидов металлов из шлаковых расплавов высокоактивным углеродом, растворенным в специально добавляемом науглероженном чугуна, а также образующимся при разложении метастабильной фазы цементита Fe_3C жидкого чугуна под слоем шлака;

- газозлектротермический – обработка шлакового расплава в электропечи неконверсированным природным газом;

- флотация – для медленно охлажденных шлаков после их тонкого измельчения;

- магнитная сепарация – для клинкера процесса вельцевания и др.

Эти способы еще не получили широкого промышленного применения, хотя некоторые из них обеспечивают получение отвальных шлаков и, следовательно, возможность использования их силикатной части в качестве сырья для производства шлаковых плит и фасонных изделий (для полов и футеровки), минеральной ваты, металлошлаковых труб, шлакоситаллов, заполнителей бетонов и других строительных материалов. Технология соответствующих производств на основе шлаков цветной металлургии аналогична таковой, используемой при переработке шлаков черной металлургии. Некоторые шлаки цветной металлургии непосредственно могут перерабатываться в щебень, песок и другие строительные материалы, а в гранулированном виде – использоваться в цементном производстве.

3.2.5 Малоотходные технологии в металлургии

Необходимо отметить, что несмотря на значительный прогресс в области переработки и обезвреживания отходов металлургических производств, кардинальное решение проблемы возможно лишь при создании принципиально новых малоотходных технологических процессов. Пути создания такой технологии в металлургии намечаются уже в настоящее время. Так, в черной металлургии в последнее время большое внимание уделяется бескоксовой металлургии железа. Этот процесс не только превосходит доменный по технико-экономическим показателям, но и позволяет значительно снизить вредное влияние предприятий черной металлургии на окружающую среду.

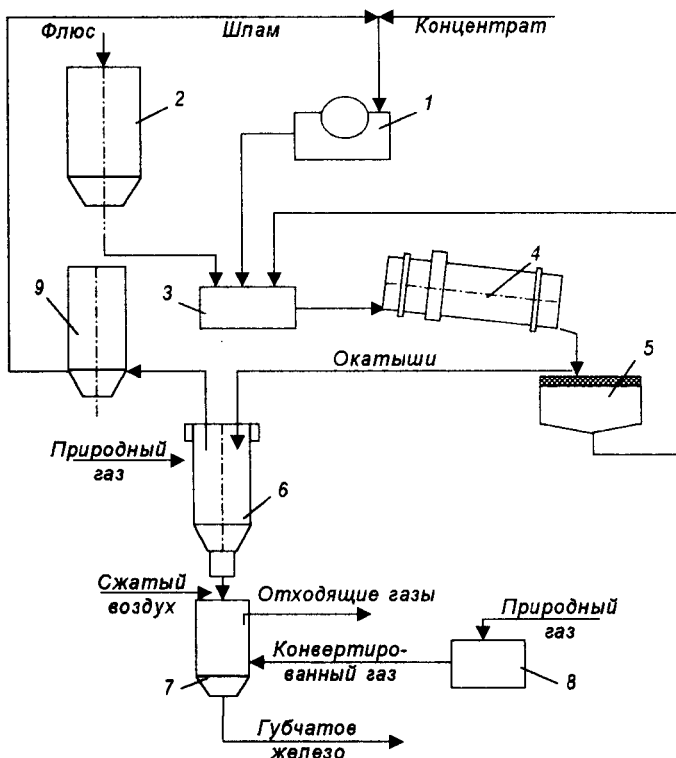
Согласно технологической схеме этого процесса (рисунок 3.7) полученный обогащением бедных руд магнетитовый концентрат (>70% Fe) в виде порошка смешивается с бентонитом и известняком, выполняющим в процессе роль флюса, и передается в окомкователь для получения железнорудных окатышей ($d=10$ мм). Сырые окатыши затем упрочняются обжигом, и оксиды железа восстанавливаются природным газом, конверсированным отходящими из шахтной печи газами. При температурах 1000-1100 °С идет образование губчатого железа (95 % Fe, 1 % C); окатыши охлаждают и передают в дуговые электропечи на плавку. Шламы процессов газоочистки направляют в отстойники для пульпы, используемой в качестве сырья для получения окатышей.

Наряду с вышеизложенным, разработка мало- и безотходной ресурсосберегающей технологии в цветной металлургии связана с совершенствованием, модернизацией и заменой пирометаллургических производств, внедрением в практику автогенных процессов (плавка в жидкой ванне, взвешенная кислородно-факельная плавка, плавка в кивцэтных агрегатах – кислородно-взвешенная циклонная электротермическая плавка и др.) и гидromеталлургических процессов.

Перечисленные автогенные процессы в своем большинстве не обеспечивают получения отвальных шлаков, однако значительно сокращают вредное влияние пирометаллургических производств цветной металлургии на окружающую среду; некоторые из них позволяют существенно повысить содержание SO_2 в отходящих газах и обеспечить, таким образом, возможность производства на базе последних серной кислоты, серы или жидкого диоксида серы.

Так, опыт эксплуатации реализованных в отечественной промышленности процессов показывает, что при воздушном и кислородном дутье концентрация SO_2 в отходящих газах факельной плавки может быть увеличена до 10-14 и 90 % соответственно. При обжиге тонкодисперсных концентратов в токе кислорода в циклонных камерах кивцэтных установок концентрация SO_2 в подвергнутых охлаждению и пылеочистке отходящих газах может составлять 80-85 %. Уловленную пыль возвращают в кивцэтный агрегат, а получаемый в нем расплав передают на последующую переработку.

Внедренный на Челябинском электролитном цинковом заводе гидromеталлургический способ переработки сырья обеспечивает возможность практически полного извлечения из него цинка, меди, кадмия и других металлов, а также серы.



- 1 – дисковый фильтр; 2 – бункер флюса; 3 – смеситель; 4 – барабанный окомкователь; 5 – грохот; 6 – печь для обжига окатышей; 7 – шахтная печь для получения губчатого железа; 8 – установка конверсии; 9 – циклон

Рисунок 3.7 – Схема производства губчатого железа

3.2.6 Пути использования отходов тепловых электростанций

Твердые отходы тепловых электростанций – золы и шлаки – близки к металлургическим шлакам по составу. В системе Минэнерго СССР их образовывалось каждый год свыше 100 млн. т, причем наибольший удельный вес среди них приходился на золошлаковые отходы от сжигания каменных углей. Степень использования золошлаковых отходов ТЭС низка: в 1985 году в СССР было использовано 13,5 млн. т

этих отходов, к 1990 году планировалось довести объем использования до 23,5 млн. т в год, однако объем использования, этих отходов в 1990 году в России составил только 4,4 млн. т или 0,5 % от имевшихся ресурсов.

По химическому составу эти отходы на 80-90 % состоят из SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , CaO , MgO со значительными колебаниями их содержания. Кроме того, в состав этих отходов входят остатки несгоревших частиц топлива (0,5-20 %), соединения титана, ванадия, германия, галлия, серы, урана. Химический состав и свойства золошлаковых отходов определяют основные направления их использования.

Основная масса используемой части шлаков и зол служит сырьем для производства строительных материалов. Так, золу ТЭС используют для производства искусственных пористых заполнителей – зольного и аглопоритового гравия. При этом для получения аглопоритового гравия используют золу, содержащую не больше 5-10 % горючих, а для производства зольного гравия содержание в золе горючих не должно превышать 3 %. Обжиг сырцовых гранул при производстве аглопоритового гравия осуществляют на решетках агломерационных машин, а при получении зольного гравия – во вращающихся печах. Возможно использование зол ТЭС и для производства керамзитового гравия.

Золы и шлаки от сжигания бурых и каменных углей, торфа и сланцев, содержащие не более 5 % частиц несгоревшего топлива, могут широко использоваться для производства силикатного кирпича в качестве вяжущего при содержании в них не менее 20 % CaO или в качестве кремнеземистого заполнителя, если в них содержится не более 5 % CaO .

Золы с высоким содержанием частиц угля с успехом используются для производства глиняного (красного) кирпича. Зола в этом случае играет роль как отошающей, так и топливной добавки. Содержание вводимой золы зависит от вида используемой глины и составляет 15-50 %, а в отдельных случаях может достигать 80 %.

Кислые золошлаковые отходы, а также основные (с содержанием свободной извести 10 %) используют как активную минеральную добавку при производстве цемента. Содержание горючих веществ в таких добавках не должно превышать 5 %.

Эти же отходы можно использовать в качестве гидравлической добавки (10-15 %) к цементу. Золу с содержанием свободной CaO не более 2-3 % используют для замены части цемента в процессе приготовления различных бетонов.

При производстве ячеистых бетонов автоклавного твердения в качестве вяжущего компонента используют сланцевую золу, содержащую > 14 % свободной CaO, а в качестве кремнеземистого компонента – золу сжигания углей с содержанием горючих < 3-5 %. Использование золошлаковых отходов по указанным направлениям является не только экономически выгодным (вследствие сокращения потребления гипсового камня, песка, цемента, извести, топлива), но и позволяет повысить качество соответствующих изделий.

Золошлаковые отходы используют в дорожном строительстве. Они служат хорошим сырьем для производства минераловатных изделий. Высокое содержание CaO в золе сланцев и торфа позволяет использовать ее для снижения кислотности – известкования почв.

Растительная зола широко используется в сельском хозяйстве в качестве удобрения ввиду значительного содержания калия и фосфора, а также других необходимых растениям макро- и микроэлементов. Отдельные виды золошлаковых отходов обладают свойствами, делающими перспективным их применение в качестве агентов очистки отходящих газов ТЭС и производственных сточных вод. Зола углей и нефтей содержит практически все металлы.

Таблица 3.1 – Среднее содержание некоторых ценных металлов в золе углей

| Металл | Zn | Ga | Co | Ni | Ge | V | Sn |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Содержание, г/т | 200 | 100 | 300 | 700 | 500 | 400 | 200 |

В ряде случаев концентрации металлов в золе таковы, что становится *экономически выгодным* их извлечение. Концентрация Sr, Zn, V, Ge достигает 10 кг на 1 т золы. Содержание *урана* в золе бурых углей некоторых месторождений может достигать 1 кг/т. Зола торфа содержит значительные количества V, Co, Cu, Ni, Zn, U, Pb. В золе нефтей (мазутов) содержание V₂O₅ в некоторых случаях достигает 65 %, кроме того, в ней в значительных количествах присутствуют Mo и Ni. В связи с этим *извлечение металлов является еще одним направлением переработки таких отходов*. Из золы некоторых углей извлекают в настоящее время редкие и рассеянные элементы (например, Ge и Ga), из золы мазутов – ванадий, никель и другие металлы.

3.2.7 Экологически чистые технологии в теплоэнергетике

Вместе с тем, несмотря на наличие разработанных процессов утилизации топливных золошлаковых отходов, уровень их использования все еще остается низким по сравнению с имеющимися ресурсами. С другой стороны, современное технологическое использование энергии топлива (по сравнению, например, с его использованием на мощных ТЭС) является малоэффективным.

При решении вопросов защиты окружающей среды, в частности от вредного влияния твердых и газообразных отходов ТЭС, перспективным может оказаться путь комплексного энерготехнологического использования топлив. Объединение крупных промышленных установок для получения металлов и других технологических продуктов (в частности химических), а также технологических газов с мощными топками ТЭС может позволить полностью утилизировать как органическую, так и минеральную части топлива, увеличить степень использования тепла, резко сократить расход топлива.

Так, например, на энергогазохимическом комбинате топливо перед сжиганием можно будет подвергать направленному пиролизу с получением ценных химических продуктов. Из сернистых мазутов, в частности, можно будет получать в виде сжиженного газа пропанбутановую смесь, бензол, серную кислоту, ванадий и газ с высоким содержанием этилена и пропилена.

Определенные успехи на пути комплексного использования топлив уже достигнуты. Так, например, в топках котлов крупнейшей в Эстонии ТЭС сжигают жидкое топливо, поступающее с введенной в эксплуатацию энерготехнологической установки переработки сланцев, на которой из последних извлекают ценные компоненты, используемые в качестве сырья для производства синтетических материалов, а жидкий остаток направляют в качестве топлива на ГРЭС.

Значительные перспективы в решении задач борьбы с отходами в энергетике и некоторых смежных отраслях обещает детальная разработка трех наиболее важных способов получения жидких топлив из ископаемых углей:

- газификации – производства синтез-газа с последующим получением на его основе жидкого топлива;
- гидрогенизации - насыщения угля водородом при температурах порядка 500 °С и давлениях в несколько сот атмосфер;
- пиролиза – высокотемпературного разложение угля в инертной среде.

Наряду с этим существенные результаты на этом пути могут быть обеспечены связанными с повышением коэффициента полезного использования топлив поиском альтернативных источников энергии и другими подобными исследованиями.

3.3 Твердые промышленные отходы радиоактивных препаратов. Их утилизация и возможные варианты переработки

К твердым радиоактивным отходам относятся не поддающиеся отмывке загрязненные материалы, использованная спецодежда, твердые отходы радиоактивных образцов. Все эти твердые промышленные отходы (ТПО) переносятся для вечного захоронения в бетонные траншеи и заливаются цементом. В зависимости от токсичности радиоактивных элементов они подразделяются на пять групп.

Группа А – изотопы с особо высокой радиотоксичностью:
Например: ^{210}Pb ; ^{210}Po ; ^{226}Ra ; ^{228}Th ; ^{230}Th ; ^{232}Th ; ^{232}U ; ^{237}Np ; ^{238}Pu ; ^{239}Pu ; ^{241}Am ; ^{242}Cm .

Группа Б – изотопы с высокой радиотоксичностью:
Например: ^{90}Sr ; ^{106}Ru ; ^{124}Sb ; ^{126}J ; ^{129}J ; ^{131}J ; ^{144}Ce ; ^{170}Tm ; ^{210}Bi ; ^{223}Ra ; ^{224}Ra ; ^{227}Th ; ^{234}Th ; ^{230}U ; ^{234}U ; ^{235}U ; ^{241}Ru .

Группа В – изотопы со средней радиотоксичностью:
Например: ^{22}Na ; ^{24}Na ; ^{32}P ; ^{35}S ; ^{36}Cl ; ^{54}Mn ; ^{56}Mn ; ^{59}Fe ; ^{60}Co ; ^{82}Br ; ^{89}Sr ; ^{91}Y ; ^{90}Y ; ^{95}Nb ; ^{95}Zr ; ^{105}Ru ; ^{125}Sb ; ^{132}J ; ^{133}J ; ^{134}J ; ^{134}Cs ; ^{137}Cs ; ^{141}Ce ; ^{171}Tm ; ^{203}Sb ; ^{206}Bi ; ^{231}Th ; ^{239}Np .

Группа Г – изотопы с малой радиотоксичностью:
Например: ^{14}C ; ^{38}Cl ; ^{55}Fe ; ^{64}Cu ; ^{69}Zn ; ^{71}Ge ; ^{131}Cs ; ^{136}Cs .

Группа Д – изотопы с наименьшей радиотоксичностью:
Например: ^3H .

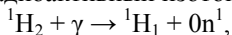
Все радиоактивные элементы, как известно, вызывают ионизирующее излучение. В ряде случаев твердые радиоактивные отходы вызывают двойную токсичность:

1. Собственно химическую токсичность, вызванную химическими свойствами элементов и соединений, входящих в твердые радиоактивные отходы.

2. Радиоактивность, иногда называемую радиотоксичностью.

Однако, применяемый у нас в бывшем Советском Союзе, а теперь в РФ, способ захоронения ТПО радиоактивных материалов является далеко не оптимальным. Существуют физические способы дезактивации ТПО радиоактивных материалов. Для этого ТПО радиоактивных материалов подвергаются мощному лучевому воздействию, в ре-

зультате которого радиоактивный материал превращается в обычный не радиоактивный изотоп. Например, по ядерной реакции:



где ${}^1_2\text{H}$ – радиоактивный изотоп водорода, так называемый дейтерий; γ – поток γ -излучения (мощный поток электромагнитных лучей); $0n^1$ – нейтрон; ${}^1_1\text{H}$ – обычный нерадиоактивный изотоп водорода.

После Чернобыльской катастрофы одна из японских фирм предложила в 1986 году, тогда еще Советскому Союзу, полностью дезактивировать всю зараженную территорию примерно за 1-2 месяца взамен за возвращение Японии ранее принадлежащих ей островов. Разумеется, такая дезактивация стоит очень дорого. Такой способ дезактивации радиоактивных материалов, т.е. превращения радиоактивных материалов в обычные изотопы под действием сильного излучения, в ряде стран существовал раньше и существует сейчас. Широко применяемый у нас способ "дезактивации", заключающийся в физической смывке твердых радиоактивных частиц, в т.ч. и с применением поверхностно-активных веществ, является простым очковтирательством. И последствия Чернобыльской катастрофы полностью подтвердили этот факт. После такой "дезактивации" и соответствующего дозиметрического контроля за обработанными поверхностями, проведенными днем, уже утром следующего дня дозиметрический контроль подтверждает наличие практически прежней радиоактивной заряженности.

3.3.1 Переработка металлических радиоактивных отходов

В области переработки металлических радиоактивных отходов (МРО) преобладающей тенденцией является переплав под шлаком. Ранее считалось, что переплав позволяет только компактировать отходы в слитки для захоронения в могильниках. Исследования в этой области показали, что при переплавке наряду с задачей по компактированию металлических отходов, решаются вопросы глубокой очистки металлических слитков от радионуклидов, находящихся не только на поверхности, но и в объеме переплавляемого металла.

Следует отметить, что большинство исследований в области переплавки МРО так или иначе базируются на широко известных из металлургической практики методах (индукционный, электрошлаковый и др.), уделяя при этом большое внимание подбору шлаков, окислительно-восстановительному потенциалу при проведении процесса плавки и другим физико-химическим параметрам.

Известные методы переплавки металлического лома во многом не учитывают специфики работы с радиоактивными материалами, в

особой мере, среднего уровня активности. В силу этого эффективность и значимость процесса дезактивации МРО методом переплава снижается.

Для переплавки МРО планируется использовать в качестве плавильного агрегата принципиально новую печь – циркулирующего жидкого шлака. Главной отличительной особенностью ее является организация непрерывного процесса плавления МРО путем обработки их перегретым циркулирующим шлаком.

Печь на основе электродугового нагрева может одновременно или по отдельности решать ряд задач по обработке различного рода веществ, в том числе радиационно-загрязненных, циркулирующим шлаковым расплавом, а именно:

- высокотемпературную химическую обработку реакционными агентами (газами, жидкостями) в шлаковом расплаве в условиях пеножидкостного слоя;

- расплавление различного рода изделий под слоем шлака с одновременным разделением металла и шлакующихся компонентов;

- включение вредных компонентов в шлак с последующим переводом его в формы, пригодные для длительного, экологически безопасного хранения.

В настоящее время разработан экспериментальный образец описанной выше печи. Способ и устройство по переработке МРО запатентованы в России.

3.3.2 Использование экстракции для обезвреживания радиоактивных отходов

Экстракция является одним из наиболее известных способов переработки жидких радиоактивных отходов и позволяет успешно решить проблемы их последующего отверждения и захоронения. Основные недостатки этого метода связаны, как правило, с большим объемом вторичных водных растворов (образующихся при экстракции радиоактивных элементов) и проблемами обращения с отработанным экстрагентом. Использование циркониевой соли дибутилфосфорной кислоты (ЦС ДБФК) позволяет обойти эти проблемы и сделать экстракционную переработку жидких радиоактивных отходов более дешевой.

Цирконий, как известно, усиливает экстракционные свойства алкилфосфорных кислот. Циркониевая соль дибутилфосфорной кислоты весьма перспективна для удаления остаточных количеств U, Pu, Np и полного извлечения Am, Cm, Sr и некоторых других элементов из кис-

лых и нейтральных водных растворов. Наилучшим растворителем для ЦС ДБФК является 30 %-ный трибутилфосфат (ТБФ) с углеводородным разбавителем. Такой экстрагент может быть использован для извлечения указанных элементов из отходов разного уровня активности.

Главным достоинством ЦС ДБФК является простота регенерации экстрагента, так как ЦС ДБФК растворяется в водном содовом растворе вместе с извлеченными радиоактивными элементами, а 30 %-ный ТБФ рециклируется. Наиболее простой способ переработки радионуклидов – их экстракция в ЦС ДБФК в 30 %-ный ТБФ, накопление их в органической фазе, реэкстракция вместе с ЦС ДБФК в соду и направление на совместное отверждение и захоронение. При этом 30 %-ный ТБФ рециклируется, а образующаяся при его разложении ДБФК удаляется. Возможен также вариант переработки без удаления ДБФК.

Использование циркониевых солей алкилфосфорных кислот осложняется проблемой предотвращения образования железосодержащих осадков в органической фазе. Эти трудности в настоящее время преодолены благодаря тому, что найдены условия когда железо экстрагируется ЦС ДБФК без образования осадков и может быть выведено отдельно, либо вместе с другими элементами.

3.3.3 Фиксация радиоактивных и промышленных токсичных отходов в устойчивую твердую матрицу

В Московском Объединенном Эколого-технологическом и Научно-исследовательском Центре по Обезвреживанию РАО и Охране Окружающей Среды была разработана технология переработки радиоактивных и промышленных токсичных отходов с последующей фиксацией продуктов переработки в устойчивой твердой матрице. Наиболее эффективно эта технология может быть реализована при переработке радиоактивных и/или токсичных донных отложений емкостей хранения жидких радиоактивных и промышленных отходов, водоемов и водоочистных сооружений, например охладительных бассейнов и прудов-отстойников АЭС.

Известно, что в донных отложениях водоемов, находящихся в промышленных зонах, концентрируются радионуклиды и тяжелые металлы, и для экологической безопасности необходима их надежная изоляция от окружающей среды, что достигается путем их перевода в твердую изолирующую матрицу. Сами донные отложения представляют собой минеральные ассоциации (глины, суглинки, кварц, полевые шпаты) с различным содержанием органических веществ (торф,

сапропель, ил – до 30 %) и техногенных компонентов (нефтепродукты, ПАВ – до 10 %). Например, в состав донных отложений МосНПО "Радон" входят альфа-кварц и полевые шпаты, а также соединения натрия, калия, железа, кальция, магния и других элементов.

Существующие способы переработки радиоактивных донных отложений требуют длительности выдержки конечного продукта до окончательного отверждения (порядка 28 суток и выше), при этом имеют низкую степень включения радиоактивного материала в конечный продукт (не более 15-20 %). Причем в итоге получается конечный продукт низкого качества, с высокой пористостью, низкой химической стойкостью и невысокой прочностью отвержденной смеси.

Разработанный способ переработки радиоактивных и токсичных донных отложений решает техническую задачу и устраняет эти недостатки. В результате удастся повысить химическую стойкость конечного продукта, увеличить его прочностные характеристики, сократить продолжительность технологического процесса получения конечного продукта, упростить и повысить радиационную безопасность технологии и сократить объем радиоактивных отходов в результате кондиционирования.

Новая технология переработки включает операции смешения радиоактивных и/или токсичных отходов с минеральными и соевыми добавками, нагрев и выдержку до образования конечного продукта.

Отличительная особенность переработки состоит в том, что в качестве минеральных и солевых добавок используют стеклообразующие и стекломодифицирующие материалы при определенном соотношении компонентов, в зависимости от массы радиоактивных донных отложений. При этом в качестве стеклообразующих компонентов используют соединения кремния (кварцевый или речной песок, силикагели, силикаты щелочных металлов), бора (датолитовый концентрат, бораты щелочных и щелочноземельных элементов, борная кислота) и минеральные или синтетические алюмосиликаты (цеолиты, глинистые материалы – бентонит, вермикулит, клиноптилолит и т.п.), а в качестве стекломодифицирующих компонентов используют соли щелочных металлов (нитраты, карбонаты, оксалаты или их смеси).

Процесс переработки заключается в том, что смесь радиоактивных и/или токсичных донных отложений со стеклообразующими и стекломодифицирующими добавками загружают в плавитель, осуществляют нагрев смеси в плавителе до 1100-1200 °С и выдерживают ее при этой температуре до образования гомогенного расплава, после

чего осуществляют выпуск расплава из плавителя и выдержку расплава до образования конечного продукта.

Примечательно еще и то, что в качестве стекломодифицирующего компонента может быть использован также солевой остаток выпарных концентратов жидких радиоактивных отходов (ЖРО) АЭС и спецкомбинатов по переработке радиоактивных отходов или промышленных токсичных отходов, а в качестве стеклообразующих компонентов могут быть использованы также отработанные сорбенты на основе силикагелей, а также природных или синтетических алюмосиликатов.

То есть, по сути, в самом процессе переработки могут быть уничтожены и другие токсичные и радиоактивные отходы, помимо донных отложений.

Новый способ переработки был успешно опробован на осадках, образующихся в процессе хранения и переработки ЖРО в МосНПО "Радон", а также в сооружениях для сбора и очистки радиоактивных стоков предприятия.

3.4 Переработка, обезвреживание и захоронение токсичных отходов

«Всё есть яд и ничто не лишено ядовитости, одна лишь доза делает яд незаметным».

Парацельс

Переработка, обезвреживание и захоронение токсичных отходов (в Германии их называют специальными, в США – опасными, в Финляндии – сложными) представляет особую экологическую необходимость и является технически и организационно достаточно сложной задачей, не говоря уже о больших капитальных и эксплуатационных затратах. В развитых странах количество токсичных отходов оценивается в 70 кг на одного человека в год, а стоимость обезвреживания одной тонны – в 500 долларов.

К сожалению, наши знания о токсичности веществ весьма ограничены. Даже для лекарств, пищевых добавок и косметических средств эти сведения крайне скудны. И хотя данные таблицы относятся к 1984 г., маловероятно, что они существенно изменились в лучшую сторону.

На территории РФ к 1996 г. в хранилищах, накопителях, могильниках, на складах, полигонах, свалках и других объектах наблюдения накопилось 1407 млн. т токсичных отходов производства и потребле-

ния (по данным статистической отчетности по форме 2ТП «Токсичные отходы»). В 1996 г. на предприятиях образовалось – 84 млн. т токсичных отходов, в том числе I класса опасности – 0,32 млн. т, II класса опасности – 1,9 млн. т.

Из общего количества образовавшихся отходов в собственном производстве использовано 51 млн. т, или 61 %, полностью обезврежено 2 млн. т, или 2 % (в 1995 г. соответственно 34 и 6 млн. т и 41 и 8 %). Кроме того, 10 млн. т (12 % от общего количества отходов, образовавшихся в отчетном году) передано на другие предприятия для использования, обезвреживания, складирования и для других целей (в 1995 г. – 12 млн. т, или 15 %). Отходы, не подлежащие использованию и переработке, направляются на захоронение. Более 15 % учтенных мест организованного захоронения отходов не отвечали действующим нормативам. Площадь, занимаемая местами организованного захоронения отходов, составила 14,7 тыс. га.

На санкционированные свалки и полигоны твердых бытовых отходов в 1996 г. поступило 1,3 млн. т промышленных отходов (в 1995 г. – 5,6 млн. т). В связи с недостаточным количеством полигонов для складирования и захоронения промышленных отходов широко распространена практика вывоза отходов в места неорганизованного складирования (несанкционированные свалки), что особенно опасно для окружающей среды. В 1996 г. в места неорганизованного складирования направлено 111,3 тыс. т (в 1995 г. – 95,4 тыс. т), в том числе 209 т отходов I класса опасности (в 1995 г. – 204 т).

В Постановлении Совета Министров СССР № 394 от 3 мая 1984 г. «Об утилизации, обезвреживании и захоронении токсичных промышленных отходов» было четко определено, что «ответственность за проведение мероприятий по утилизации, обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов несет министерства и ведомства СССР, предприятия и организации, в которых образуются такие отходы». Во исполнение этого Постановления в нашей стране была разработана достаточно четкая система обращения с токсичными отходами.

3.4.1 Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных отходов

Обезвреживание и захоронение токсичных отходов проводится на специальных полигонах. Строительство и эксплуатация полигонов осуществляется в соответствии с «Санитарными правилами проектирования, строительства и эксплуатации полигонов захоронения не утилизируемых отходов» и строительными нормами и правилами СНиП

2.01.28-85 «Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию». К этому СНиП имеется «Пособие по проектированию полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов».

Выбор места для полигона, проектирование, строительство и функционирование строго регламентированы перечисленными выше нормативными документами. Полигон размещается в обособленных, свободных от застройки, хорошо проветриваемых местах, которые допускают осуществление мероприятий и инженерных решений, исключающих загрязнение окружающей среды, населённых пунктов, зон отдыха трудящихся и источников питьевого водоснабжения.

Особое внимание уделяется проектированию дождевой, хозяйственно-бытовой канализации и дренажа. Вертикальная планировка полигона должна обеспечивать, как правило, один стоковый бассейн дождевых вод, а плановая компоновка – простой и, по возможности, прямолинейной. Общая система канализации полигона должна быть бессточной; незагрязнённая часть сточных вод должна использоваться для производственного водоснабжения, загрязнённые сточные воды должны сжигаться или испаряться.

Полигоны являются природоохранными сооружениями и предназначены для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий, научно-исследовательских организаций и учреждений и т. д., т. е. от всех источников их образования.

Приему на полигон подлежат только токсичные отходы I, II, III и, при необходимости, IV классов опасности, перечни которых в каждом конкретном случае согласовываются с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической и коммунальной служб, заказчиком и разработчиком проекта полигона.

Твердые промышленные отходы IV класса опасности по согласованию с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической и коммунальной служб могут вывозиться на полигоны складирования городских бытовых отходов и применяться в качестве изолирующего инертного материала в средней и верхних частях карт полигона. Прием твердых промышленных отходов IV класса опасности на участок захоронения токсичных промышленных отходов допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Жидкие токсичные промышленные отходы перед вывозом на полигон должны быть обезвожены на предприятиях. Допускается приём на полигон жидких токсичных отходов только от промышленных

предприятий, на которых согласно технико-экономическому обоснованию их обезвреживание нерационально.

Не подлежат приёму на полигон отходы следующих видов:

- отходы, для которых разработаны эффективные методы извлечения металлов или других веществ (отсутствие методов утилизации и переработки отходов в каждом конкретном случае должно быть подтверждено соответствующими министерствами или ведомствами);
- радиоактивные отходы;
- нефтепродукты, подлежащие регенерации.

Технологическая схема работы полигона должна предусматривать следующие основные мероприятия, позволяющие регулярно и организованно, с соблюдением мер безопасности удалять не утилизируемые токсичные отходы, обезвреживать их и надёжно захоранивать, обеспечивая защиту окружающей среды (рисунок 3.8):

- организацию сбора не утилизируемых токсичных отходов на предприятиях-поставщиках;
- организацию транспортировки токсичных отходов на полигон;
- организацию приёма токсичных отходов на полигоне, их обезвреживание и захоронение.

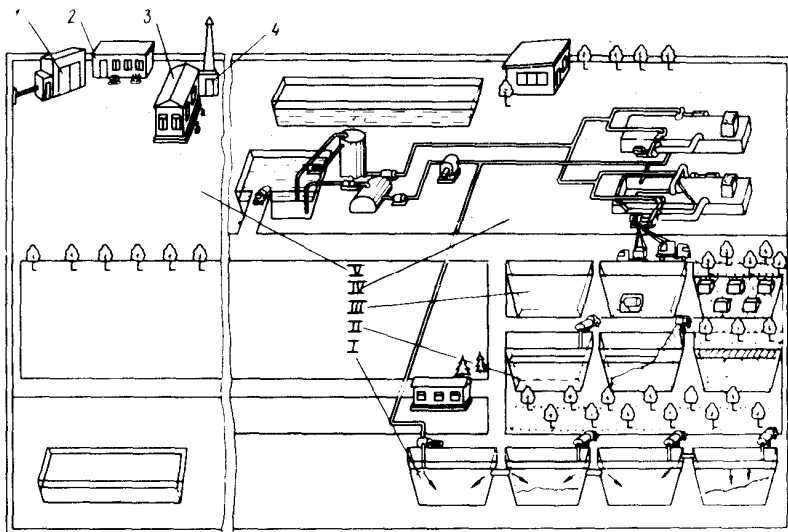
При организации сбора токсичных отходов на предприятиях руководствуются следующими документами: «Предельное количество накопления токсичных промышленных отходов на территории предприятия (организации)» и «Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов». Временное хранение отходов осуществляется, как правило, на стационарных складах. Допускается временное хранение отходов на специальной площадке под навесом при соблюдении следующих условий:

- содержание вредных веществ в воздухе над промышленной площадкой на высоте до 2 м от поверхности земли не должно превышать 30 % ПДК для рабочей зоны;
- содержание вредных веществ в подземных и поверхностных водах и в почве на территории предприятия не должно превышать ПДК этих веществ и должно соответствовать государственным стандартам системы «Охрана природы» для окружающей среды и правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами;
- площадка для временного хранения отходов должна располагаться в подветренной зоне территории и быть покрыта неразрушаемым и непроницаемым для токсичных веществ материалом.

Хранение токсичных отходов в открытом виде (навалом, насыпью) или в негерметичной открытой таре как на складе, так и на специальной площадке не допускается. Твёрдые и пастообразные негорю-

чие токсичные отходы I класса опасности и растворимые отходы II класса опасности отдельными партиями в небольших количествах собираются в специальные металлические контейнеры со стенками толщиной 10 мм, проверенные на герметичность. Пастообразные, быстро застывающие, органические горючие отходы, а также небольшие количества других жидких горючих отходов можно хранить в барабанах, бочках и другой металлической таре при условии вместимости тары не более 200 л.

Транспортировка токсичных отходов на полигон, как правило, осуществляется специализированным автотранспортом полигона. Допускается транспортировка жидких горючих органических отходов III и IV класса опасности автотранспортом предприятий-поставщиков при условии согласования с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы и полигоном.



I – участок обезвреживания ПО, содержащих неорганические соединения; II – участок захоронения негорючих ПО, содержащих органические соединения; III – участок захоронения особо вредных отходов; IV – участок термического обезвреживания жидких ПО; V – административный участок; 1 – контрольно-пропускной пункт и весовая; 2 – химическая лаборатория; 3 – административное здание; 4 – котельная

Рисунок 3.8 – Участки приема и обезвреживания промышленных отходов на полигоне «Красный Бор»

Твёрдые отходы обычно принимаются на хранение в железобетонные бункера, установленные в помещении. Для каждого вида пастообразных и жидких отходов предусматриваются специальные обогреваемые ёмкости, установленные на открытой площадке. Высокоагрессивные пастообразные отходы транспортируются в барабанах (60-100 л) из сгораемых синтетических материалов или, если отходы некоррозионноактивные, в стальных барабанах ёмкостью до 200 л. Отходы в таре, как правило, хранятся на открытой площадке под навесом.

Многообразие поступающих на полигон токсичных отходов требует точного знания их состава и свойств для определения условий хранения и метода обезвреживания. Все эти показатели должны быть приведены в паспорте и опросном листе на отходы. Лаборатория полигона выполняет выборочный контроль на соответствие состава поступающих отходов данным, приведенным в паспорте и опросном листе.

На основании изучения состава отходов и их физико-химических свойств разрабатываются технологические схемы обращения с ними. При этом обезвреживание должно осуществляться таким образом, чтобы эти отходы превращались в остатки, не содержащие веществ, растворимых в воде, так как в противном случае при захоронении отходов будет происходить загрязнение грунтовых вод.

Наиболее распространёнными методами обезвреживания токсичных отходов в настоящее время являются:

- для отходов органического происхождения – сжигание при высоких температурах;
- для неорганических отходов – физико-химическая обработка в несколько стадий, которая приводит к образованию безвредных, в большинстве случаев нейтральных и не растворимых в воде соединений.

3.4.2 Высокотемпературное обезвреживание токсичных веществ

Поскольку не менее 2/3 токсичных веществ являются органическими соединениями, то и высокотемпературное сжигание служит основной операцией для любого полигона по обезвреживанию токсичных отходов.

Агрегат для термического обезвреживания токсичных промышленных отходов представлен на рисунке 3.9.

Установка для сжигания твёрдых, пастообразных и жидких не утилизируемых токсичных отходов состоит:

- из системы подачи и дозировки отходов;
- печи с вращающимся барабаном;
- камеры дожигания;
- системы золо- и шлакоудаления;
- котла-утилизатора;
- системы очистки дымовых газов.

Условия сжигания и дожигания органических отходов строго регламентированы:

- температура 1000-1100 °С для отходов, не содержащих галогенпроизводных углеводородов и полициклических соединений, степень разложения и удаления углеводородов не менее 99,99 %;

- температура 1200-1300 °С для отходов, содержащих галогенпроизводные углеводороды и полициклические соединения, степень разложения и удаления органических соединений не ниже 99,9999 %;

- время нахождения газов (образующихся при разложении) в печи и камере дожигания не менее 2 с;

- коэффициент избытка воздуха в печи 2,2-2,5;

- концентрация O₂ в отходящих газах не менее 3 %;

- концентрация СО не более 57 мг/м³;

- концентрация взвешенных частиц и аэрозолей не более 20 мг/м³;

- концентрация диоксинов и фуранов не более 0,5 нг/м³;

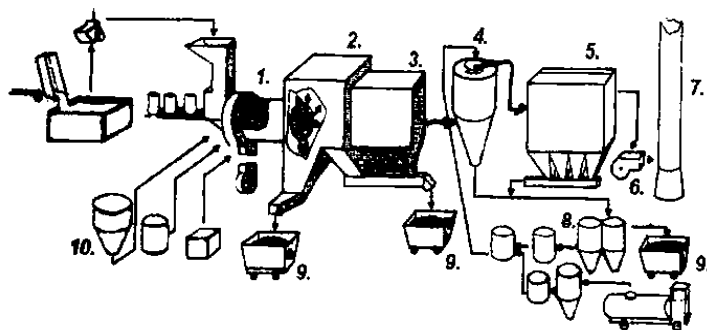
- концентрация HCl менее 75 мг/м³, степень его удаления более 90 %.

Схема установки для сжигания токсичных отходов на полигоне Есокет (Финляндия) представлена на рисунке 3.10.

Как уже отмечалось ранее, обезвреживание одной тонны токсичных отходов в среднем обходится в 500 долларов США, для некоторых же веществ – в 3-5 раз дороже, поэтому во всех странах уделяется пристальное внимание поиску эффективных и дешевых методов обезвреживания. Наиболее широкое признание в настоящее время получили процессы обезвреживания токсичных отходов при производстве цемента и строительной керамики. Неотъемлемой частью технологии таких процессов является высокотемпературная обработка.

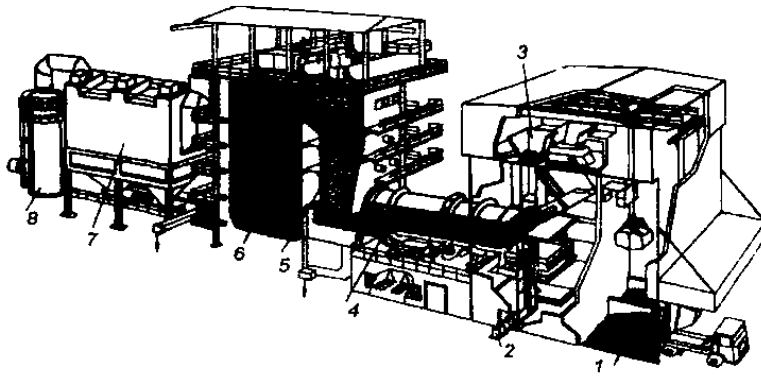
3.4.3 Обезвреживание некоторых токсичных отходов при производстве цемента

Обезвреживание токсичных отходов при производстве цемента в развитых странах за последнее десятилетие стало повседневной практикой. Так, во Франции в 1996 г. работало 20 цементных печей, на которых было обезврежено 400 тыс. т токсичных отходов (более трети их количества в стране). В США на 22 цементных печах в указанном году было обезврежено 1,2 млн. т токсичных отходов. За счёт сжигания отходов во Франции в 1996 г. сэкономлено более 300 тыс. т мазута, а в США – не менее одного миллиона тонн угля. В этих странах приняты новые стандарты по контролю за отходящими газами цементных печей, при этом в США нормы на выбросы от цементных печей, сжигающих токсичные отходы, даже жёстче, чем на выбросы от обычных печей.



1 – приемное отделение для твердых отходов; 2 – приемное отделение для бочек; 3 – бункер для загрузки сыпучих отходов; 4 – печь с вращающимся барабаном; 5 – камера дожигания; 6 – котёл-утилизатор; 7 – электрофильтр; 8 – скруббер

Рисунок 3.9 – Агрегат для термического обезвреживания токсичных промышленных отходов (фирма «MAN», Германия)



1 – вращающаяся печь; 2 – камера дожигаания; 3 – паровой котел; 4 – абсорбер; 5 – рукавные фильтры; 6 – вентиляторы; 7 – труба; 8 – емкость для приготовления известкового молока; 9 – емкость для шлака, золы, шлама; 10 – ковш крана для загрузки в печь сыпучих материалов, бочки с жидкими или пастообразными отходами, загружаемые непосредственно в печь, или насос для загрузки в печь жидких и пастообразных отходов

Рисунок 3.10 - Схема установки для сжигания токсичных отходов на полигоне Есокем (Финляндия)

Следует кратко остановиться на физико-химических процессах, протекающих при производстве цемента. Основными цементообразующими оксидами являются CaO , SiO_2 , Al_2O_3 и Fe_2O_3 . Сырьём для производства цемента служат различные минералы, содержащие эти оксиды (например, мергель) или искусственно приготовленные смеси из известняка и глины. При их обжиге до $550\text{ }^\circ\text{C}$ происходят сушка и дегидратация минералов, с 550 до $900\text{ }^\circ\text{C}$ – разложение известняка с образованием CaO и CO_2 , а при 900 - $1450\text{ }^\circ\text{C}$ оксиды реагируют с образованием силикатов кальция, алюмосиликата и ферроалюмината кальция. Так, минералогический состав портланд-цемента (без добавок) следующий: 40 - 60% $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, 15 - 35% $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, 4 - 14% $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ и 10 - 18% $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Обезвреживание токсичных отходов при производстве цемента имеет следующие преимущества по сравнению с их сжиганием в специальных установках, описанных ранее:

- высокая температура в пламени – $2000\text{ }^\circ\text{C}$;

- время пребывания газов при температуре выше 1200 °С от 5 до 6 с при требуемых 2 с;
- избыток кислорода при сжигании и после него;
- высокая турбулентность;
- нейтрализация кислых газов (диоксида серы и хлористого водорода) оксидом кальция, присутствующим в большом избытке по сравнению со стехиометрически необходимым количеством;
- связывание тяжёлых металлов, находящихся в отходах, с включением в структуру клинкера (обожженная смесь оксидов); тяжёлые металлы обычно содержатся в сырьевых материалах и связываются в прочные соединения при спекании (в клинкер). Их добавка с отходами невелика и не превышает допустимых пределов;
- после очистки не образуются такие побочные продукты, как шлак, зола и шламы (мокрая газоочистка не требуется, а пыль после фильтров представляет собой готовый продукт или сырьевую массу);
- экономится энергетическое сырьё и уменьшается объем выделяющихся «парниковых» газов;
- малые капитальные затраты.

Производство цемента требует большого количества энергии: на одну тонну клинкера расходуется 80 кг топлива. При сжигании токсичных органических отходов в цементных печах полезно используется 100 % их энергетического потенциала, при термическом обезвреживании на полигоне – только та его часть, которая утилизируется в виде горячей воды и/или электроэнергии. Количество «парниковых» газов уменьшается пропорционально сэкономленному горючему.

При производстве цемента используется большое количество различных промышленных отходов, в том числе шламов очистных сооружений (органическая часть – в качестве горючего, минеральная - компонентов сырья, поскольку часто содержит значительное количество оксида кальция). В цементных печах нельзя использовать только радиоактивные и инфицированные медицинские отходы.

3.4.4 Обращение с ртутьсодержащими отходами

Ртуть – единственный металл, при обычных температурах находящийся в жидком состоянии. Температура его плавления составляет – 39,8 °С, кипения – порядка 356,6 °С.

Области применения ртути многочисленны. В частности, в электротехнике и радиотехнике ее используют для изготовления ртутных выпрямителей, ламп дневного света, ртутных кварцевых ламп, сухих элементов, измерительных приборов (термометров, манометров). При обработке золотосодержащих руд ртуть употребляется для амальгамации золота. В основной химической промышленности она выступает в качестве жидкого катода при производстве хлора и едкого натра. Выпуск ртути составляет около 10 тыс. т/год.

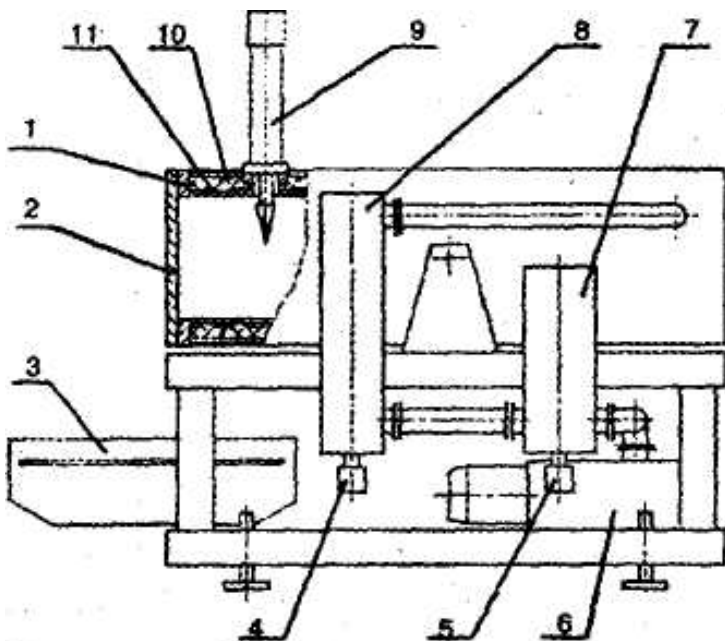
Вместе с тем, ртуть и ее растворимые соли очень ядовиты, по токсичности относятся к веществам 1-го класса опасности. Ее вредное воздействие усиливается высокой летучестью, поэтому в целях безопасности она должна храниться под слоем воды.

В связи с изложенным, с экологической точки зрения утилизация отслуживших срок ртутьсодержащих приборов и аппаратуры, а также других ее отходов представляет собой серьезную задачу. Острее всего стоит проблема демеркуризации ртутьсодержащих отработанных гальванозащитных элементов, батарей и, особенно, ламп. Общее содержание ртути в этих отходах в России оценивается в 250 т.

Известно несколько технологий демеркуризации ртутьсодержащих отходов: механических, механико-химических, термических, термических с криоконденсацией.

Механико-химический способ применяется в Австралии для ртутьсодержащих осадков. Технология предусматривает их обработку цементной пылью и известью при 52-62 °С в течение 12 часов при рН среды, равном 12. В результате ртуть связывается в нерастворимые гидроксиды, осадок становится безопасным для его захоронения в почве.

Для пришедших в негодность ртутных ламп наиболее эффективным способом является их термовакuumное обезвреживание. Особенность термовакuumной технологии – применение термической возгонки ртути, ее органических и неорганических соединений в печи с незначительным разрежением. Для сбора, транспортирования и переработки ламп используются герметичные контейнеры, вмещающие 200 или 350 этих изделий, либо 1500 или 2500 горелок ламп ДРА.



1 – демеркуризационная камера; 2 – крышка камеры; 3 – съемная мельница; 4 – съемный сборник ртути; 5 – силовой электрический шкаф; 6 – механический форвакуумный насос; 7 – бустерный насос; 8 – низкотемпературная ловушка; 9 – устройство для механического разрушения ламп; 10 – теплоизолятор; 11 – электронагреватель

Рисунок 3.11 – Схема установки УРЛ-2М

Загруженный контейнер герметично закрывают, доставляют в центр демеркуризации, устанавливают на технологический модуль, и только затем крышка контейнера открывается внутрь установки. В ней при 300-400 °С ртуть и ее соединения возгоняются и улавливаются в системе газоочистки. По термовакuumной технологии с 1991 г. по настоящее время внедрено более 35 установок демеркуризации ртутьсодержащих ламп.

Термовакuumный способ пригоден также для отходов ртутьсодержащих батарей.

Термовакuumный с криоконденсацией способ демеркуризации положен в основу установки УРЛ-2М (рисунок 3.11), созданной изобретателями г. Дубны. Он подходит для переработки люминесцентных

ламп всех типов и других ртутьсодержащих отходов (термолиза, амальгам благородных металлов и др.).

Обрабатываемые люминесцентные лампы разрушают в демеркуризационной камере (1) установки с помощью специального ножа (9) повышенной прочности. Затем камеру вакуумируют, полученное ртутьсодержащее крошево нагревают до 380-450 °С. Систему вакуумной откачки камеры образуют бустерный (усиливающий) паромасляный насос (7) и механический форвакуумный (для предварительной откачки) насос (6). Вакуумирование камеры осуществляют через низкотемпературную ловушку (8) (НТЛ) со съемным сборником ртути (4). НТЛ является отличительной особенностью установки УРЛ-2М. Ее охлаждают до температуры минус 60 °С жидким азотом или, при необходимости, твердой углекислотой, получаемой при резком напуске в НТЛ сжиженной углекислоты из баллона. Для разрушения горелок ламп типа ДРЛ используют съемную мельницу (3), монтируемую на фланце камеры (1). В режиме демеркуризации ртутьсодержащих ламп фланец закрыт заглушкой. Производительность установки составляет 200 ламп/ч, содержание ртути в стеклобое 2,1 мг/м³.

Способ утилизации ламп, разработанный и внедренный Научно-исследовательским центром по проблемам управления ресурсосбережением и отходами, предусматривает их измельчение, нагревание стеклобоя для перевода ртути в парообразное состояние, очистку от нее технологических газов до санитарных норм. Метод позволяет на 95% удалить люминофор и выделить для вторичной цветной металлургии пять самостоятельных концентратов: алюминиевый (цоколи – вес 1 цоколя около 2 г), медно-никелевый (выводы), медно-цинковый (латунные штыри), оловянно-свинцовый (припой) и свинцовый (ножки).

Технология переработки ламп основана на использовании установки демеркуризации «Экотром-2», которая функционирует в г. Волгограде.

Сбор люминесцентных ламп производится в герметичные 20-тонные морские контейнеры, снабженные ячейками для ламп, предотвращающие возможность их боя в процессе транспортировки от пункта приема до цеха утилизации.

Принципиальная схема технологического процесса переработки люминесцентных ламп приведена на рисунке 3.12.

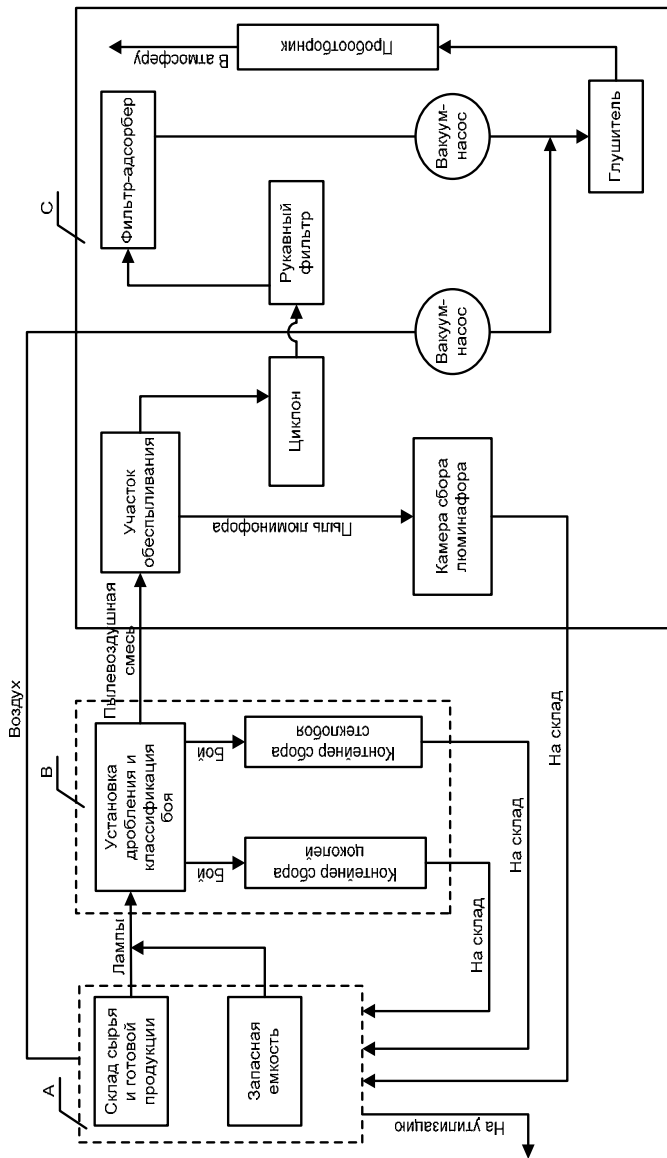
Со склада сырья лампы подаются транспортером на участок дробления. Лампа за счет вакуумирования затягивается в дробилку, где происходит отделение цоколей и дробление стеклобоя с крупностью от 5 до 300 мм. Полученная масса поступает на виброгрохот, снабженный сеткой, где отделенные цоколи и стеклобой отдельно ссыпаются в контейнеры.

После заполнения контейнеры герметично закрываются и отправляются на склад сырья и готовой продукции. Далее стеклобой и алюминиевые цоколи используются в виде вторичного сырья. Люминофор, представляющий собой фторхлорапатит кальция с адсорбированной на нем ртутью, вакуумным насосом с глушителем подается на участок обеспыливания, включающий циклон, рукавный фильтр, фильтр-адсорбер, камеру сбора люминофора и пробоотборник удаляемого воздуха.

Люминофор с примесями ртути в количестве 1,1 % по весу собирается в герметичные контейнеры, отправляется на склад и далее передается в «Кубаньцветмет» в качестве рудного сырья для переработки.

Предусмотренная система очистки технологических газов высокоэффективна, и на выходе в атмосферу содержание паров ртути составляет $0,002 \text{ мг/м}^3$.

Экологическую значимость предлагаемого производства трудно переоценить, т.к. оно связано с утилизацией отхода I класса опасности, образующегося ежедневно практически на всех предприятиях и организациях города и области.



А – складские помещения, В – участок дробления и классификации, С – участок газоочистки
 Рисунок 3.12 – Схема механического способа переработки ртутных ламп

Контрольные вопросы по разделу 3

1. Какие продукты можно получить при переработке отходов угледобычи и углеобогащения?
2. Для чего необходима закладка выработанного шахтного пространства и каким образом она реализуется?
3. Основные этапы рекультивации территорий, нарушенных горными разработками.
4. Почему геотехнология считается наиболее экологичным способом добычи полезных ископаемых?
5. Охарактеризуйте состав и свойства шлака, образующегося в черной металлургии.
6. Как производят шлаковую вату и шлакоситаллы?
7. Чем отличаются доменные шлаки от сталеплавильных?
8. Охарактеризуйте традиционные методы переработки шлаков цветной металлургии.
9. Какова сущность способа производства «губчатого» железа?
10. Какие отходы относят к токсичным?
11. Что предполагает технологическая схема полигона токсичных отходов?
12. При каких условиях возможно сжигание токсичных отходов?
13. В чем заключается целесообразность обезвреживания токсичных отходов в производстве цемента?
14. Охарактеризуйте способы переработки ртутьсодержащих отходов.

4 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСТУЛАТЫ ФОРМИРОВАНИЯ БЛАГОПРИЯТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

4.1 Город – социально-экономическая система

По мере развития человечества, освоения природной среды и роста урбанизированных территорий поселения во взаимодействии с окружающей их природной средой превратились в новую динамичную, не известную ранее в истории планеты социально-экологическую (геосоциальную) систему разных уровней – от локального до глобального (рисунок 4.1). Новая для планеты городская среда возникла как следствие развития поселений и их воздействия на природную среду.

Город, взаимодействуя с природой, выделяет в окружающую среду множество разнообразных материалов, веществ и энергии, и в город также поступают материалы, вещества, энергия (рисунок 4.2) обратно.

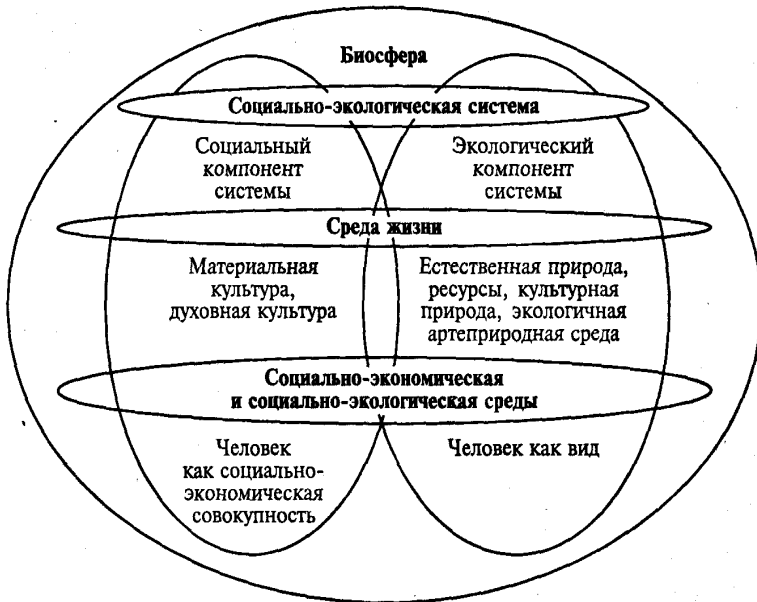


Рисунок 4.1 – Социально-экологическая система и среда жизни

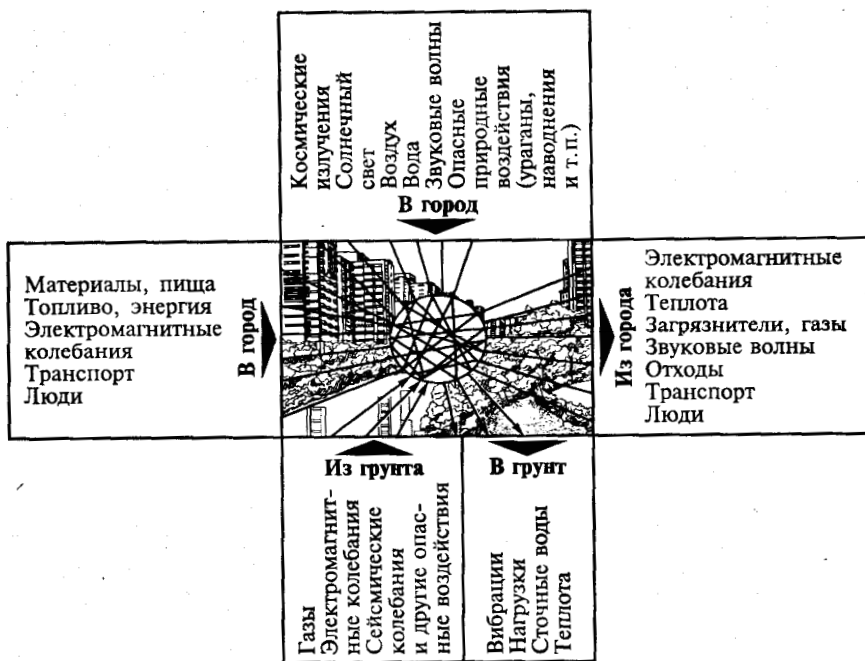


Рисунок 4.2 – Поток вещества и энергии, поступающие в город и выходящие из него

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

В социально-экологические системы входят два основных взаимодействующих компонента – социальный и экологический, которые в экологичном городе с благоприятной городской средой должны быть устойчивы, обладать способностью к самоадаптации, самоприспособлению. Социальный компонент включает в себя человеческое сообще-

ство (жителей), все виды деятельности, все искусственные объекты и застроенные территории и обычно находится в границах населенной территории. *Экологический* компонент – это все виды природных территорий и природных ресурсов, в том числе естественные и культурные ландшафты, составляющие *экологический след*. Поэтому при большом экологическом следе, распространяющемся далеко за пределы городов и стран, предполагаемый процесс самоадаптации существенно осложняется. Самоадаптация в этом случае зависит от территорий, расположенных далеко от города и страны, и может быть неосуществима.

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

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

В условиях объективной неустойчивости мира адаптивная способность социально-экологических систем имеет фундаментальную ценность как условие их развития. Поэтому актуальнейшей проблемой человечества является создание максимально «эластичных», адаптивных социально-экологических систем городов, государств, всей планеты. Для решения проблемы устойчивости экологического компонента нужно обеспечить сохранение не менее 60 % всех элементов ландшафт-

тов (литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы) в естественном состоянии с сохранением биоразнообразия. В условиях большого экологического следа эта задача может быть частично решена путем экологичной реставрации ландшафтов и экологичной реконструкции поселений. Люди должны обеспечить устойчивое существование в городах и вокруг них экологически обоснованных территорий естественной (дикой) природы, соединенных зелеными коридорами и территориями. Архитектурно-ландшафтная среда поселений должна поощрять контакты жителей с разнообразной природной флорой и фауной, контакты между людьми, формировать экологичное мышление жителей города средствами ландшафтной архитектуры и территорий естественной природы.

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

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

Учитывая объективную необходимость биоразнообразия, не нужно искоренять неудобные для человека естественные ландшафты,

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

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

4.2 Показатели и обеспечение комфортности городской среды

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

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

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

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

В контроль и управление качеством воздуха входит установление предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязнений воздуха. С одной стороны, эти ПДК должны быть близки к фоновым концентрациям на природных территориях, с другой стороны, при существующих технологиях они не могут быть снижены до таких значений (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

| Загрязняющее вещество | Значения ПДК, мг/м ³ | | | |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|
| | для растений (максимально разовые) | для древесных пород | | для человека (среднесуточные) |
| | | максимальные разовые | среднесуточные | |
| Диоксид серы | 0,02 | 0,030 | 0,015 | 0,500 |
| Аммиак | 0,05 | 0,100 | 0,040 | 0,200 |
| Бензол | 0,10 | 0,100 | 0,050 | 1,500 |
| Хлор | 0,25 | 0,025 | 0,015 | 0,100 |
| Сероводород | 0,02 | 0,008 | 0,008 | 0,008 |
| Формальдегид | 0,02 | 0,020 | 0,003 | 0,035 |
| Пыль, цемент | - | 0,200 | 0,050 | 0,500 |
| Метанол | 0,2 | 0,200 | 0,100 | 1,000 |

В воздушной среде допускается такая концентрация вредного вещества, которая практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства при постоянном контакте или при воздействии в течение определенного промежутка времени. Такой подход не совсем корректен, например когда речь идет о концентрациях радиоактивных веществ.)

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

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

Экология городской среды предусматривает решение задач по обеспечению качества воздушной среды города и регламентированных выбросов вредных веществ в атмосферу путем создания малоотходных, ресурсосберегающих технологических процессов и совершенствования экологической инфраструктуры города, его фитомелиорации, придания всем зданиям и инженерным сооружениям функций экологичности.

Контроль качества воды и управление им должны осуществляться на всех стадиях ее использования, но, в первую очередь, – при санитарной охране водоемов. Исключительная ценность воды состоит в том, что она играет важную роль в жизни всех биогеоценозов. В отличие от атмосферного воздуха вода локализована в пространстве, что существенно усиливает влияние ее возможного загрязнения на здоровье человека. Управление качеством воды заключается в предотвра-

щении ее загрязнения, рациональном водопользовании и водопотреблении. Для этого необходимо установление допустимых нагрузок на водные объекты в результате водопользования и водопотребления. Водопользование – это использование воды без изъятия из мест локализации (рыбное хозяйство, водный транспорт, гидроэнергетика). Водопотребление – это использование воды с ее изъятием, частичным или полным расходом и возвращением в источники в загрязненном состоянии (сельское хозяйство, промышленность, городское хозяйство).

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

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

В современных условиях глобального роста экологического следа водоохранные мероприятия приобретают особый смысл. В настоящее время необходимо учитывать глобальный характер влияния загрязнений на все аспекты водоохранных мероприятий – юридический, экономический, технический, организационный, экологический. Основное нормативное требование к качеству воды – соблюдение установленных ПДК, т. е. таких нормативных показателей, которые исключают неблагоприятное влияние на организм человека и на нормальные условия хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и других видов водопользования. Лимитирующий показатель вредности воды отражает приоритетность требований к качеству воды в зависимости от вида водопользования.

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

Очень важен для экологизации городской среды контроль загрязнения почвенно-растительного слоя. Почва – важнейший компонент любого биогеоценоза, отличающийся участием в экологическом цикле с помощью сложных физико-химических процессов, обусловленных деятельностью почвенных организмов и растений. Попадающие в почву загрязнения подвергаются особенно сильному метаболизму, тем более что процессы перемешивания примесей затруднены. В почве всегда присутствует большое количество мертвой органики – субстрата для микроорганизмов, в числе которых много болезнетворных. С микроорганизмами связаны процессы минерализации и гумификации органики. Комплексные гигиенические показатели санитарного состояния почв приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Комплексные гигиенические показатели санитарного состояния почв

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

Таблица 4.3 – Предельно допустимая концентрация (ПДК) ряда пестицидов в почве и их допустимое остаточное количество (ДОК) в продуктах питания

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

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

- санитарно-химические (санитарное число, кислотность, биохимическое потребление кислорода, окисляемость, содержание сульфатов, хлоридов и др.);
- санитарно-энтомологические (численность насекомых, связанных с жильем человека, в первую очередь, мух);
- санитарно-гельминтологические (численность гельминтов);
- санитарно-бактериологические (численность бактерий кишечной группы и других микроорганизмов, вызывающих заболевания человека и домашних животных).

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

Для создания экологичной среды необходимо нормирование загрязняющих веществ в пищевых продуктах. Основной показатель – допустимое остаточное количество (ДОК) вредного вещества в продуктах питания или в урожае в период его сбора – выражается в граммах или миллиграммах на 1 кг кормовых или пищевых продуктов (таблица 4.3).

Для корнеобитаемого слоя почвы устанавливаются следующие показатели допустимой концентрации:

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

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

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

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

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

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

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

Вот данные о жалобах на шум в зависимости от его уровня (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Частота жалоб на шум в зависимости от его уровня

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

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

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

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

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

Данные о виброскорости некоторых источников вибрации и ее фоновые показатели приведены в таблице 4.5.

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

Длительное воздействие инфразвука ведет к нарушениям сердечно-сосудистой и эндокринной систем.

Таблица 4.5 – Данные о виброскорости некоторых источников вибрации

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

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

Неблагоприятное воздействие оказывают электромагнитные излучения промышленной частоты (50 Гц) и частот радиоволнового диапазона от 0,06 МГц до 300 ГГц. Источниками таких излучений являются электрические подстанции и линии электропередачи, антенны радиовещательных и телевизионных станций, специальных средств связи и радиолокационных станций.

Воздействие электромагнитных полей на организм человека обусловливается токами, индуцированными в теле человека. Это воздействие нормируется. Так, предельно допустимый уровень (ПДУ) элек-

тромагнитных полей (круглосуточное непрерывное излучение), создаваемых километровыми волнами, составляет 25 В/м, гектометровыми волнами – 15 В/м, декаметровыми – 10 В/м, метровыми – 3 В/м, дециметровыми – 10 мкВ/см², сантиметровыми – 10 Ку • В/см².

4.3 Экологические постулаты – базис формирования среды

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

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

Экологизация городской среды должна быть основана на знании законов развития природы, ее реагирования на воздействия человека. Человек издавна пытался обобщить свои наблюдения над природой в виде каких-то постулатов, подобных законам физики, химии, механики и других точных наук. Сейчас этих обобщений очень много; они не поддерживаются строгими математическими зависимостями, иногда они эволюционируют вместе с природой. Более 60 экологических законов, десятки экологических правил и принципов объясняют взаимосвязь и взаимодействие живых организмов (в том числе и человека) со средой и носят характер естественно-исторических законов. Многие из них непосредственно связаны с деятельностью человека и представляют интерес с точки зрения экологизации этой деятельности в целях поддержания высококачественной городской среды.

Одним из основных является закон физико-химического единства живого вещества (В.И.Вернадского): «Все живое вещество едино физико-химически». То, что вредно для одной части живого вещества, не

может быть безвредно для другой. Любые физико-химические агенты (например, пестициды), вредные для одних организмов, не могут быть безвредны для других. Внутри глобального живого вещества имеется «сеть жизни» – сложная взаимосвязь всего живого между собой. Для предотвращения ее ухудшения нужно сохранение некоторого видового разнообразия, обеспечивающего устойчивость биосферы. Человек находится в этой сети, поэтому охрана природы – это охрана человека.

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

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

С точки зрения устойчивости среды жизни очень важен закон внутреннего динамического равновесия: «Вещество, информация, энергия и динамические качества природных систем и их иерархии так взаимосвязаны, что любое изменение одного из показателей вызывает функционально-структурные количественные и качественные перемены при сохранении общей суммы». Любое изменение среды приводит к развитию природных цепных реакций в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых систем. Искусственный рост эколого-экономического потенциала ограничен динамической устойчивостью природных систем. Этот закон – один из основных в природопользовании. Согласно ему производимые в крупных экосистемах перемены относительно необратимы, их выправление требует больших средств. Сдвигая динамически равновесное состояние природных систем (распашка, градостроительное освоение и др.), человек достигает увеличения продукции, но производит излишнее вложение энергии. Получаемый в результате вещественно-энергетический разлад ведет к снижению природно-ресурсного потен-

циала вплоть до опустынивания. Положительный пример деятельности, ведущей к устойчивости среды, – озеленение городов, агролесомелиорация, архофитомелиорация.

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

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

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

Закон константности (В. И. Вернадского): «Количество живого вещества биосферы (для данного геологического периода) – константа» свидетельствует о том, что любое изменение количества живого вещества в одном из регионов биосферы влечет за собой такое же изменение в другом регионе, но с обратным знаком. Нельзя допускать крупномасштабные вмешательства в природную среду.

О роли способа накопления и использования энергии в выживаемости говорит закон максимизации энергии (Г. Одум и Ю. Одум):

«Выживает та система, которая наилучшим образом способствует поступлению энергии и использует ее наиболее эффективно: накапливает высококачественную энергию, затрачивает ее часть на поступление новой энергии, обеспечивает кругооборот различных веществ, создает механизмы регулирования и приспособления к меняющимся условиям, обменивается с другими системами для получения специальных видов энергии». Эти положения очень важны при энергосберегающем проектировании и создании энергоактивных зданий.

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

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

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

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

При создании проектов застройки надо помнить закон оптимальности: «С наибольшей эффективностью любая экосистема функционирует в некоторых пространственно-временных пределах». Она не

может сужаться или расширяться до бесконечности. Нельзя создавать огромные лесные или сельскохозяйственные площади монокультур, массовой застройки, так как это приведет к функциональным срывам. Нужно выявлять оптимальные размеры эксплуатируемых природных систем. Они не могут быть жестко заданы в силу разнообразия условий среды. Знание этого закона полезно при оценке тенденций развития урбоареалов.

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

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

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

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

ществе – 12 тыс., в индустриальную эпоху – 70 тыс., в наиболее развитых странах в настоящее время – до 250 тыс.

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

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

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

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

Аналогичен третьему закону Б. Коммонера принцип неполноты информации (неопределенности): «Информация при проведении акций по преобразованию природы всегда недостаточна для априорного суждения о результатах в далекой перспективе». Связано это с исключительной сложностью природных систем. Данный принцип нужно учитывать при проектировании крупных градостроительных преобразова-

ний природы. Необходимо проверять результаты на небольших, модельных объектах, особенно если планируемое преобразование рассчитано на отдаленную перспективу.

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

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

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

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

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

Чрезвычайно важно знание и использование правила «мягкого» управления природой: «Мягкое» (опосредованное, направляющее, восстанавливающее экологический баланс) управление природными про-

цессами способно вызвать желательные природные цепные реакции и предпочтительнее «жесткого». Экологизация городов, инфраструктуры, всей деятельности человека – это пример «мягкого» управления природой. Правило «мягкого» управления природой – основное во взаимодействии с ней для сохранения среды жизни человека.

Очень важно знать правило одного процента (1 %): «Изменение энергетики природной системы в пределах 1 % выводит природную систему из равновесного состояния». Отсюда следует правило для глобальных систем: их энергетика принципиально не может превзойти уровень 0,2 % от поступления солнечной энергии без катастрофических последствий. Это непреодолимый порог и лимит для человечества.

Все экологические постулаты носят предупреждающий характер. Они направлены на повышение устойчивости, эластичности (адаптивной" способности), саморегуляции экосистем, сохранения потенциала для восприятия негативных воздействий без существенного снижения их первоначальных функций и разрушения. Они свидетельствуют о необходимости «мягкого», опосредованного, природовосстанавливающего отношения к природе, в том числе при градостроительном освоении и эксплуатации мест расселения (особенно в случаях крупномасштабных вмешательств). В связи с постоянно ухудшающимся состоянием природы необходим постепенный перевод всей человеческой деятельности на экологичную, биопозитивную (природосберегающую и природовос-производящую) основу. Фундаментом этой деятельности должна стать системная и глубокая экологизация мышления.

4.4 Экологическая инфраструктура города и страны

Экологическая инфраструктура – это динамичный комплекс взаимодействующих между собой природных, природно-антропогенных и искусственных объектов и систем, предметов и явлений, обеспечивающий условия сохранения среды жизни человека (городской и пригородной сред, окружающих человека). Экологическая инфраструктура является первостепенным фактором, поддерживающим и сохраняющим городскую среду, поэтому обеспечение ее высокого качества – важнейшая задача человечества.

Естественная природа с ее ресурсами является наиболее ценным фактором обеспечения существования всех живых организмов, создания высококачественной среды жизни. Человек в современном городе

существенно отдален от естественной природы и окружен искусственной средой, степень искусственности которой постоянно возрастает. Между тем в первую очередь ресурсы естественной природы, не созданные трудом человека, поддерживают жизнь людей. К ресурсам природы относятся все природные объекты и явления, использовавшиеся в прошлом, используемые в настоящем и намечаемые для использования в будущем, которые способствуют поддержанию условий существования человечества и повышают качество жизни. Их экономическая, социально-экологическая и культурная ценность в составе экологической инфраструктуры необычайно велика.

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

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

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

зации могут быть компонентами экологической инфраструктуры, так как в этом случае они обеспечивают условия сохранения среды жизни человека.

Неэкологичные компоненты традиционной инфраструктуры зачастую не только не способны выполнять какие-либо функции сохранения среды жизни, но и оказывают негативное влияние на нее. Например, традиционная теплоэнергетика не только не эффективна с точки зрения теплотеря, но и загрязняет атмосферу. Традиционные методы разработки полезных ископаемых не экологичны с точки зрения потерь ресурсов, переформирования ландшафтов, «жесткого» вмешательства в природные экосистемы. Традиционные автодороги занимают существенную часть почвенно-растительного слоя и полностью изолируют почву от круговорота веществ. В городе эти дороги загрязняют среду вместо ее сохранения. Все протяженные искусственные сооружения (дороги, линии ЛЭП, трубопроводы и др.) так же, как и высокие или занимающие большую площадь объекты, являются к тому же препятствиями на путях миграции животных.

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

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

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

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

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

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

К компонентам экологической инфраструктуры относятся:

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

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

- экологичные, ресурсосберегающие здания; природоохранные и природосберегающие сооружения;

- экологизированная производственная инфраструктура;

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

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

Первой проблемой в поддержании устойчивой широкой экологической инфраструктуры является сохранение большей части природы планеты в естественном состоянии. Решение этой проблемы весьма сложно, так как площадь освоенной части Земли, где видны следы человеческой деятельности, уже сопоставима с площадью всей поверхности планеты. Площадь Земли составляет 510,2 млн. км², в том числе площадь океанов 361,1 млн. км² (70,8 %), площадь суши 149,1 млн. км² (29,2 %). Из площади суши 48 051 840 км² (около 1/3) не несут видимых следов деятельности человека, в том числе в Антарктиде почти 100%, Северной Америке – 37,5%, на территории бывшего СССР – 33,6%, Австралии и Океании – 27,9%, Африке – 27,5%, Южной Америке – 20,8%, Азии – 13,6%, Европе – 2,8 %. Но сохранившиеся территории суши – это чаще всего мало пригодные для освоения земли с экстремальными для человека условиями среды жизни. Территория Земли осваивается, урбанизируется, но при этом экологическая инфраструктура, как правило, не поддерживается. Такому освоению может противостоять экологизация деятельности, в первую очередь, экологизация поселений как источников наибольших воздействий на природу, факторов ее вытеснения.

При создании высококачественной экологической инфраструктуры безусловно первое место отводится сохранению и восстановлению

экологически обоснованных объемов и территорий естественной природной среды с ее эволюционно сложившимся биологическим разнообразием, поддержанию экологического каркаса разнообразных территорий с экологическими коридорами, сохранению ресурсов.

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

На третьем месте стоит качество среды искусственного мира, созданного человеком и не имеющего аналогов в естественной природе. К нему относятся преобразованная человеком природа и вещества, не входящие в естественные геохимические циклы, либо входящие с трудом. Жителя города окружает, главным образом, искусственная природная среда. Она обычно позитивна для человека. Так, искусственная среда может смягчать воздействие суровой природной среды (например, улучшать микроклимат), заменять своими элементами естественную природную среду (парки, зеленые коридоры, прочее ландшафтное озеленение города, природоподобие архитектуры, создание искусственного климата и др.). Но иногда искусственная среда имеет резко ухудшенные физико-химические и визуальные характеристики по сравнению с природной средой (загрязнения, в том числе визуальные – убогость и однообразие архитектуры, нищета и бедность, трущобы и др.).

Искусственная среда в городе может становиться подобной среде культурной природы при условии ее глубокой и системной экологизации. Например, подземное или надземное строительство позволяет сохранить почвенно-растительный слой и озеленение всей территории города, исключить преграды на пути миграции людей и животных.

Качество среды жизни повышается при эффективном озеленении территорий города. С точки зрения жителя здорового города, находящегося в равновесии с природной средой, необходимыми факторами высокого качества городской среды являются:

- близкие к природным показатели чистоты воздуха, воды, почвы;
- биоразнообразие, обоснованный объем естественной природы;
- близкая к природным показателям сенсорная среда – визуальная, запаховая, звуковая; красивое, экологичное, обоснованное по площади и объему жилище; экологическая красота города;
- экологичное удовлетворение трудовых потребностей; удовлетворение потребностей в образовании, повышении квалификации;
- экологичное удовлетворение экономических потребностей;
- экологичная этническая среда;
- экологичная социально-экономическая и социально-психологическая среды;
- удовлетворение экологически обоснованных информационных, духовных, культурных потребностей;
- экологически чистая, исторически обусловленная пища.

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

В естественной природе существуют непреодолимые и частично непреодолимые преграды (океаны, моря, реки, пустыни, высокие горы) между отдельными крупными (материки) и менее крупными территориями. Их роль в истории Земли в естественной эволюции очень велика. Благодаря этим преградам были созданы уникальные биоценозы, отличающиеся видовым разнообразием. Природа негативно реагирует на искусственное преодоление этих естественных барьеров с помощью человека и на обратный процесс – возведение преград на путях естественной миграции животных.

В современном урбанизированном мире создано много искусственных сооружений, которые затруднили или вообще исключили возможности тесного взаимодействия участков природы в системе природного каркаса. Вместо сети постоянных путей миграции животных построены сети коммуникаций, служащие для перемещения людей и грузов, перекачки нефти и газа, передачи электроэнергии и т.д. Иногда эти сети буквально повторяют пути миграции животных. Все транспортные магистрали соединяют места расселения (крупные и мелкие города, поселки) в каркас. Данный каркас мест расселения, включаю-

щий в себя в идеале систему окружающих города зон, накладывается на природный каркас. При этом наиболее продуктивные элементы природного каркаса включаются в каркас мест расселения в качестве компонентов, усваивающих загрязнения. Каркас мест расселения со связями - коммуникациями, наложенный на природный каркас, не только изменяет условия существования природы, но и прерывает пути природных коммуникаций искусственными связями. Поэтому для обеспечения взаимодействия природных территорий необходимо устройство специальных экологических коридоров.

Экологические коридоры в масштабе крупной территории – это участки экологического каркаса, соединяющие отдельные территории естественной природы, разделенные искусственными сооружениями, в систему (сеть) и выполняющие функции естественных путей коммуникации между соединяемыми территориями (таблица 4.6). Эти коридоры должны служить для естественной миграции животных, растений (в основном семян), свободного движения масс воздуха, воды, а также, возможно, и других элементов природы, например физических полей. Одним из видов являются зеленые коридоры – озелененные переходы.

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

Экологические коридоры могут иметь вид любых ландшафтов, аналогичных соединяемым ими ландшафтам – лесов, гор, пустынь и др. К ним можно отнести пути миграции водных животных, в том числе даже в морях и океанах, так как возведение некоторых искусственных объектов (плотин, подводных электростанций, платформ для добычи нефти и газа на шельфе, устройств для добычи полезных ископаемых – конкреций – со дна морей и океанов и др.) осложняет миграцию или препятствует ей.

Таблица 4.6 – Характеристики экологических коридоров

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

Инженерные решения по созданию экологических коридоров должны быть разнообразны и учитывать не только необходимость преодоления животными искусственного препятствия, но и размеры животных, их количество, среду передвижения.

Могут быть следующие разновидности экологических коридоров:

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

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

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

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

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

Устойчивая экологическая инфраструктура на крупных территориях поддерживает среду жизни, способствуя сохранению экологиче-

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

Экологическое равновесие – это, в целом, позитивное состояние взаимодействия общества и природы, городов и природы, хотя в процессе его достижения, во-первых, природа преобразуется и вытесняется примерно с 40 % территорий; во-вторых, на естественную природу возлагается новая функция усвоения выбрасываемых загрязнений, которая не была свойственна ей ранее; в-третьих, для сохранения естественной природы выбираются иногда недостаточно обоснованные решения. Например, для сохранения уникальных ландшафтов и видов животных выделяются охраняемые территории, на которых животные существуют в неестественных условиях (сокращается биоразнообразие, удаляются участники пищевых цепей, травоядные живут без давления со стороны хищников, естественное питание заменяется искусственным и т.д.). Эти территории не способны к длительному существованию, так как на них не поддерживается гомеостаз, не обеспечивается действие законов естественной эволюции.

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

В зимнее время естественные ландшафты практически не способны к абсорбции загрязнений, они концентрируют эти загрязнения без переработки, поэтому в конце весны и начале лета природа испытывает «техногенный удар». В результате, по крайней мере в некоторые периоды года, установившееся ранее экологическое равновесие нарушается, природа начинает отступать. Только в конце летнего периода, если экологическое равновесие между городом и природной средой имеет определенные резервы (большие площади высокопро-

дуктивных ландшафтов, наличие рядом с городом моря или крупной реки, постоянное продувание города ветрами и др.) и природная среда высокопродуктивна, природа снова может восстановиться.

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

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

Экологическое равновесие между городом и природной средой предполагает не только предоставление каждому жителю определенной емкости природной территории с хорошим качеством, но и воспроизводство используемого городом кислорода, регенерацию воды, почвы, растительности, абсорбцию всех поступающих от города загрязнений (таблица 4.7). При этом на одну и ту же природную территорию в городе и вне его возлагается несколько задач, зачастую абсолютно противоположных по сути. Так, одна и та же природная территория должна обеспечивать множество потребностей жителей и в то же время успешно абсорбировать и, по возможности, нейтрализовать поступающие из города загрязнения. Но такие антагонистические функции не могут быть возложены на одну и ту же природную среду. Следовательно, необходимая площадь и качественный состав компонентов природы, потребных для достижения состояния экологического равновесия, должны быть значительно расширены.

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

больших и малых городов накладываются друг на друга, и в этих местах загрязнение природы растет.

Крупные технологические системы и объекты экологической инфраструктуры (система мониторинга, очистные сооружения, плотины, дамбы, дренаж, объекты коммунального хозяйства и др.) призваны предупреждать и ликвидировать неблагоприятные явления природы и социального дискомфорта или не допускать развития опасных экологических ситуаций. Экологические ситуации – это совокупность состояний экологических объектов в рамках определенной территории (город, регион и т.д.) в определенный отрезок времени; они могут изменяться от условно благоприятных, удовлетворительных до напряженных, критических, катастрофических. Экологические ситуации оцениваются с учетом типов территорий (природно-хозяйственных систем или охраняемых территорий), их функций, требований к экологическим условиям (таблица 4.8).

Таблица 4.7 – Условия экологического равновесия

| Воздействия и потребности города | Функция, возлагаемая на природу в городе и вне города |
|---|---|
| <p>Загрязнения окружающей среды:</p> <p>ингредиентные (механические, химические, биологические)</p> <p>физические</p> <p>социально-деструктивные</p> <p>биоценотические</p> <p>эстетические</p> | <p>Абсорбция загрязнений и их возможная нейтрализация, снижение концентрации</p> <p>Защита от шума, пыли, физических полей</p> <p>Устойчивость к урбанизации, эрозии и др.</p> <p>Устойчивость против нарушений баланса, перепромысла, интродукции и др.</p> <p>Скрытие ошибок архитекторов</p> |
| <p>Удовлетворение потребностей жителей:</p> <p>в территории</p> <p>в воздухе</p> <p>в воде</p> | <p>Предоставление обоснованного объема чистой среды</p> <p>Предоставление чистого воздуха</p> <p>Предоставление чистой воды</p> |

| | |
|----------------------------------|--|
| в рекреации | Предоставление необходимой площади рекреации |
| В сельскохозяйственной продукции | Предоставление обоснованного объема сельскохозяйственной продукции |
| эстетических | Предоставление возможности эстетического наслаждения |
| в спорте | Предоставление возможности занятий спортом на природе |
| В научной деятельности | Предоставление возможности удовлетворения научных интересов |
| в труде | Предоставление возможности трудиться на лоне природы |
| в пищевой продукции природы | Предоставление возможности сбора ягод, грибов и др. |

Таблица 4.8 – Функции природно-хозяйственных систем и требования к экологическим условиям

| Тип систем | Характерные субъекты | Функции системы | Требования к экологическим условиям |
|------------------------------|--|---|--|
| Селитебная (города, поселки) | Человек, коммунальные системы, транспорт | Создание соответствующих эколого-экономической и социальной сред | Соответствие санитарно-гигиеническим, медико-биологическим и эстетическим нормам |
| Промышленные зоны | Человек, производственные объекты | Обеспечение промышленными и продовольственными товарами, сооружениями | То же, для промышленных объектов |
| Рекреационные зоны | Рекреант, рекреационная инфраструктура | Обеспечение отдыха | Повышенные санитарно-гигиенические, медико-биологические и эстетические нормы |

Продолжение таблицы 4.8

| | | | |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---|
| Сельскохозяйственные зоны | Сельскохозяйственные культуры | Обеспечение продовольствием, сырьем | Сохранение качества среды, обеспечивающего экологически чистые продукты |
| Средоохраняемые леса | Ландшафт (этапный) | Средоохраняемые, ресурсоохраняемые | Сохранение ландшафта в состоянии, близком к естественному |
| Заповедные территории | То же | Сохранение природного генофонда | Сохранение естественного экологического фона |

Анализ экологических ситуаций с точки зрения их влияния на человека и все среды его жизни относится к экологической безопасности, поэтому экологическая инфраструктура органично связана с последней. Устойчивая экологическая инфраструктура обеспечивает (в рамках ее возможностей) экологическую безопасность.

Оценка экологических ситуаций с точки зрения их отклонения от норм является важной частью анализа и последующего регулирования.

4.5 Проблемы устойчивости городской среды жизни

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

Устойчивость экологичной и динамичной городской среды – это ее способность к самосохранению и саморегулированию в пределах, не превышающих допустимые. Человека может окружать множество видов среды: от здоровой и полезной для него, полностью природной, идеально чистой и свободной от антропогенных вмешательств до вредной, почти полностью техногенной, искусственной, заполненной неестественными для природы предметами и явлениями. Здоровая и

устойчивая городская среда жизни, предназначенная для обеспечения потребностей человека, невозможна без поддержания здорового состояния природы, сохранения ресурсов, высокого качества естественной природной среды.

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

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

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

Одной из важнейших проблем создания устойчивой среды жизни является обеспечение ее высокого качества. Качество среды жизни человека – это субъективный показатель условий, обеспечивающих или не обеспечивающих комплекс личного и общественного здоровья людей, соответствия среды жизни человека его потребностям и социально-психологическим установкам, которое в итоге должно влиять, с одной стороны, на степень удовлетворенности человека качеством своей жизни, а с другой стороны – на развитие разнообразных конфликтов вплоть до войн, на среднюю продолжительность жизни, здоровье людей и уровень их заболеваемости (физической и психической). Для ряда развитых стран мира качество жизни – это комплекс экономических, политических, социальных и идеологических факторов, определяющих положение человека в обществе. Ведущим направлением развития во многих странах мира издавна является стремление

к наиболее полному удовлетворению потребностей как основному показателю качества жизни. Но качество жизни не является показателем, одинаковым для всех народов: человек в развитой стране пользуется гораздо большим количеством разнообразных ресурсов и услуг, чем житель слаборазвитой страны или сохранившегося древнего племени, при этом степень удовлетворенности их жизнью может быть одинакова.

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

Среда жизни человека вначале была органичной частью естественной глобальной среды, совершенно такой же, как и среда жизни множества других животных – современников древнего человека. Ареал человека вначале был небольшим как по площади (теплые районы на суше вблизи экватора с высокой биологической продуктивностью), так и по высоте (глубине). Его древняя среда жизни – это среда жизни приматов, существовавших непосредственно на поверхности земли или на деревьях и иногда живших в естественных пещерах на незначительной глубине. Человек ввиду неприспособленности к другим условиям среды (голое тело с тонкой кожей, не защищающей от непогоды и клыков хищников, отсутствие органов – орудий нападения и т.п.) не мог заселять менее благоприятные территории.

Среда жизни стала все быстрее изменяться в ходе развития материальной и духовной культуры. Растущая урбанизация и отдаление жителя городов от естественной природы, замена естественных ландшафтов на культурные, внесение многочисленных факторов искусственности в среду жизни человека существенно изменили понятие и

содержание среды жизни. Человек постоянно изменял среду жизни. Постепенно, по мере эволюции, большая часть человечества с помощью ресурсов природы стала приспосабливаться к жизни в районах с более суровыми климатическими условиями и ограниченными пищевыми ресурсами. Небольшие племена в разных местах Земли оставались почти в первобытном состоянии, не меняя свою среду жизни. В настоящее время человек освоил почти все естественные ландшафты на планете, он пробует жить и работать хотя бы ограниченное время среди льдов, в пустынях, на больших высотах в горах, под землей, под водой, в ближнем космосе. Практически нет ни одного самого труднодоступного ландшафта, на котором не побывал бы человек.

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

В условиях глобального и локальных загрязнений природы, ее отступления под антропогенным давлением, сохранение и восстановление среды жизни как части целостной природы становится важнейшей задачей всего человечества и каждого жителя планеты.

Таблица 4.9 – Факторы городской среды

| Вид среды | Факторы, воздействующие на человека |
|------------------------------------|---|
| Внутриквартирная | Физико-химические, биологические, психологические факторы жизни в жилых помещениях |
| Искусственная городская внеквартир | Технические (здания, сооружения, дороги, искусственное освещение и др.) и природные (воздух, естественное освещение и др.) элементы |

Продолжение таблицы 4.9

| | |
|-------------------------|--|
| Культурных ландшафтов | Сочетание природных условий и архитектурно-строительных форм |
| Естественная природная | Динамичная совокупность природных и слабо-измененных деятельностью людей абиотических и естественных биотических факторов, отличающаяся способностью к саморегуляции |
| Культурная | Типы и формы организации жизни и деятельности, уровень материальной и духовной культуры общества, реализация творческих сил и способностей |
| Социально-экономическая | Отношения между людьми, а также между людьми и создаваемыми ими материальными и культурными ценностями, воздействующие на человека; неэкономические отношения между людьми |
| Внутри организ-ма | Физическое и духовное здоровье человека |

В связи с этим особое значение приобретает направленная на сохранение природы и общепринятая в настоящее время идеология устойчивого развития, под которой понимается целостный непрерывный процесс восстановления и поддержания гармонии между естественными и застроенными окружающими средами, динамического баланса между требованиями равенства, процветания и качества жизни.

Подобно известной сети жизни существует сеть разнообразных сред жизни, ландшафтов и их компонентов вместе с сетью флоры и фауны, в том числе сеть локальных сред жизни. Одни среды жизни влияют на другие, например, путем обмена веществами, энергией или информацией. Среда жизни человека тесно связана со всей природой, с большими и малыми средами жизни всех других организмов. Используемая и поддерживаемая каким-либо живым организмом среда жизни (запаховая, звуковая, визуальная и др.) влияет на другие среды жизни, предупреждая, отталкивая или привлекая другие живые организмы. Все среды жизни являются частью целостной природы и находятся в глобальном взаимодействии друг с другом. В целом факторы городской среды жизни включают в себя все описанное выше множество ее видов и параметров (таблица 4.9).

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

Контрольные вопросы по разделу 4

1. Что включает в себя социально-экологическая система городской среды?
2. В чем сущность адаптивного управления социально-экологической системой городской среды?
3. Что собой представляют основные экологические постулаты? Какие из них особенно важны для создания здоровой городской среды?
4. Что такое экологическая инфраструктура? В чем ее отличие от традиционной инфраструктуры?
5. Каковы основные направления повышения устойчивости экологической инфраструктуры?
6. Что такое природный каркас территории? Какова роль экологических коридоров?
7. Что такое экологическое равновесие между городом и окружающей средой? Каковы условия поддержания экологического равновесия?
8. Что такое среда жизни? Что поддерживает ее устойчивость?
9. Перечислите факторы городской среды.

5 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

5.1 Сущность экологического совершенствования

Так как почти все человечество живет в сложившихся поселениях, реальным направлением создания здоровой и красивой городской среды должно быть экологическое совершенствование существующей среды – экологическая реконструкция существующих городов и экологическая реставрация нарушенных ландшафтов. Большая часть современных мест расселения, индустриальных, энергетических и транспортных объектов, других зданий и инженерных сооружений не является экологичной в полной мере, часто не соответствует даже минимальным требованиям экологичности, а потому не сохраняет и не под-

держивает высококачественную, экологичную, красивую городскую среду.

Чтобы такой город превратить в город со здоровой, красивой, благоприятной средой, необходимо его экологическое совершенствование, т. е. экологичная реконструкция всех зданий и инженерных сооружений, реставрация загрязненных и разрушенных ландшафтов, их мелиорация (улучшение). Экологическая реконструкция – это изменение параметров существующего неэкологичного объекта (отдельного здания, инженерного сооружения, квартала, города, региона, страны) с приведением его и окружающей среды в состояние экологичности, в том числе равновесия с окружающей природной средой. Экологичная реставрация нарушенного ландшафта – это возврат компонентов ландшафта в естественное или близкое к нему природное состояние, которое было несколько десятилетий назад (20...50 и более лет) до его антропогенного преобразования. Экологичная реконструкция страны, города, завода, энерго- или агрокомплекса включает в себя и экологичную реставрацию окружающих эти объекты ландшафтов.

Поскольку мероприятия по экологичным реконструкциям и реставрации требуют крупных преобразований, они должны носить поэтапный характер. Возврат природы к естественному состоянию на первых этапах может быть частичен. Например, после проведения мероприятий по экологизации объекта часть ранее освоенной территории будет возвращена в состояние «зеленой лужайки». Экологизация всей деятельности, экологичная реконструкция отдельных зданий и инженерных сооружений, их комплексов, городов, стран и всей освоенной территории Земли в целом – это исключительные по сложности и важности мероприятия (таблица 5.1).

Биопозитивная (экологичная) реконструкция застроенной среды и экологичная реставрация нарушенных ландшафтов являются одними из наиболее реальных путей сокращения недопустимо большого экологического следа городов и приведения его в соответствие с реальной территорией планеты. Проблемы экологичного восстановления актуальны и для социально-экономической среды.

Таблица 5.1 – Уровни экологической реконструкции и проводимые на них мероприятия

| Уровень | Мероприятия по экологической реконструкции |
|--|--|
| Урбанизованная и преобразованная часть планеты | <p>«Замещающая» экореконструкция преобразованной среды планеты на основе экологизации мышления и применения экологических технологий с учетом инвентаризации пространственного обременения экологического следа, равного доступа к ресурсам. Поддержание биоразнообразия, необходимого соотношения между преобразованными и естественными территориями</p> <p>Создание экокоридоров в масштабе планеты</p> |
| Страна, сеть населенных мест | <p>«Замещающая» экореконструкция среды на основе экологизации мышления и применения экологических технологий. Экореставрация ландшафтов. Создание экокаркаса страны и экокоридоров. Поддержание биоразнообразия, необходимого соотношения между преобразованными и естественными территориями.</p> <p>Экологическое зонирование территорий. Сокращение всех видов загрязнений</p> |
| Город | <p>Экореконструкция города на основе экологизации технологий, создания здоровой архитектурно-ландшафтной среды</p> <p>Создание экокаркаса города с зелеными коридорами. Поддержание экологически обоснованного соотношения между преобразованными и естественными территориями. Введение непрерывного экологического образования и воспитания</p> <p>Экологизация учебно-воспитательных заведений</p> |

Продолжение таблицы 5.1

| Уровень | Мероприятия по экологической реконструкции |
|--|--|
| Городские ландшафты и их компоненты | <p>Поддержание хорошего состояния культурных ландшафтов, экологической инфраструктуры.</p> <p>Сохранение и восстановление природных ландшафтов, организация зеленых коридоров</p> <p>Фитомелиорация и пермакультура</p> <p>Поддержание экологически обоснованного соотношения природной и урбанизированной сред</p> |
| Индустрия, в том числе строительство и транспорт | <p>Системная экологизация индустрии в городе</p> <p>Экологизация добычи и использования ресурсов</p> <p>Экологизация технологий</p> <p>Экореконструкция зданий и сооружений</p> <p>Перевод объектов в подземное пространство</p> <p>Конверсия наиболее «грязных» производств (переход на выпуск иной продукции)</p> <p>Вывод (индустриальное переселение) промышленных объектов из города</p> <p>Введение экологического зонирования</p> |
| Энергетика | <p>Системная экологизация энергокомплекса города</p> <p>Экологизация и миниатюризация технологий</p> <p>Экологичная реконструкция зданий и сооружений</p> <p>Утилизация всей сбросной теплоты</p> <p>Экореконструкция технологических трубопроводов от энергетических объектов к потребителям</p> |
| Учебные заведения | <p>Экореконструкция с включением ее элементов в учебный процесс. Участие учеников в процессе экологизации</p> <p>Введение передовых технологий экологизации, приборов и установок в учебные дисциплины – физику, химию, экологию, биологию и др.</p> <p>Привнесение во все учебные здания элементов «зеленой» архитектуры, экологичной красоты</p> |

Продолжение таблицы 5.1

| Уровень | Мероприятия по экологичной реконструкции |
|--|--|
| Инженерные сети | Экореконструкция сетей на основе комплекса требований архитектурно-строительной экологии. Перевод всех сетей в подземное пространство. Сокращение протяженности и исключение ряда сетей путем применения принципа миниатюризации (домовые котельные и др.), независимости от внешних сетей |
| Свалки и хранилища отходов | Системная экореконструкция на основе раздельного сбора, утилизации, сокращения объема отходов. Экологизация новых хранилищ отходов. Переработка старых свалок Создание техногенных месторождений (помещение под землю отходов, которые пока нет возможности перерабатывать) «Замещающая» экореконструкция брошенных загрязненных и испорченных ландшафтов |
| Жилые кварталы и двory, отдельные жилые здания | Экореконструкция на основе решений архитектурно-строительной экологии. Придание зданиям «умных» (интеллектуальных) качеств Включение зеленых насаждений кварталов и дворов в зеленую сеть города путем устройства зеленых коридоров. Создание архитектурно-планировочными и другими средствами условий, способствующих общению жителей. Вовлечение всех жильцов дома в процесс экологизации |
| Квартиры | Создание экологичной внутренней среды (в том числе визуальной, звуковой и запаховой), использование разнообразной внутренней отделки, исключение агрессивных полей Обеспечение просторного и экологичного вида из окна Применение натуральных материалов в отделке и мебели, фитодизайн помещений Внедрение натуральных вентиляции, освещения |

Окончание таблицы 5.1

| Уровень | Мероприятия по экологичной реконструкции |
|--|--|
| Среда внутри офисов, производственных зданий | <p>Создание максимально экологичной среды (в том числе визуальной, звуковой и запаховой), сокращение или исключение всех агрессивных полей. Фитодизайн (максимальное использование разных видов озеленения в помещениях)</p> <p>Обеспечение яркого естественного освещения, ввода . дневного света при помощи зеркал снаружи окон, естественной вентиляции</p> <p>Создание экологически обоснованного пространства для каждого работника</p> |

5.2 Экологичная реставрация нарушенных ландшафтов

Придать экологичные (биоопозитивные) свойства ранее нарушенному или полностью преобразованному человеческой деятельностью, разрушенному ландшафту – это значит обеспечить сохранение оставшейся в ненарушенном состоянии природы, реставрацию (восстановление) нарушенной или полностью разрушенной природной среды. При реставрации желателен возврат к прежнему состоянию компонентов ландшафта, но в соответствии с экологическими законами такой возврат не может быть полным. Можно сохранить нетронутые природные территории и восстановить качество нарушенных участков природы, но почти во всех случаях при этом будут созданы новые, культурные ландшафты, отличающиеся от ранее существовавших природных комплексов (таблица 5.2).

Идеальная экологичная реставрация с полным возвратом природной среды к ее естественному состоянию неосуществима ввиду невозможности, например, восстановления антропогенно преобразованного рельефа или литосферы (глубинных слоев, сжатых под действием веса городских зданий, и др.), природной флоры и фауны. В большинстве случаев возможно некоторое приближение к природному состоянию ряда компонентов ландшафта (сенсорной среды, воздуха, воды) или замена компонента (флоры, фауны).

Таблица 5.2 – Возможности экологического восстановления компонентов ландшафта

| | |
|---|--|
| Компонент или показатель состояния компонента | Возможности возврата к прежнему объему и качеству компонента ландшафта |
| Чистота воздуха | Возможно приближение к прежней чистоте |
| Состав воздуха | Полный возврат неосуществим; возможно приближение к природному составу |
| Движение воздуха | Возврат невозможен, так как городская застройка преобразовывает это движение. Необходима фитомелиорация и экологизация деятельности в городе |
| Почвенно-растительный слой | Возврат практически неосуществим; возможно искусственное поддержание почвенно-растительного слоя |
| Рельеф | Возврат практически неосуществим |
| Состояние глубинных слоев литосферы | Возврат неосуществим, так как напряженно-деформированное состояние литосферы изменилось под действием веса объектов |
| Качество воды | Возможно приближение к прежнему качеству |
| Водоемы | Возможно восстановление всех природных водоемов (речек, ручьев и др.) |
| Движение грунтовых вод | Возврат практически невозможен |
| Флора | Возврат неосуществим; возможна замена на новую, более устойчивую и менее разнообразную городскую флору |
| Фауна | Возврат неосуществим; возможна замена на новую, менее разнообразную фауну, способную существовать в городе и рядом с ним |
| Естественный климат, микроклимат | Полный возврат невозможен, город и его сооружения существенно влияют на климат и микроклимат города |

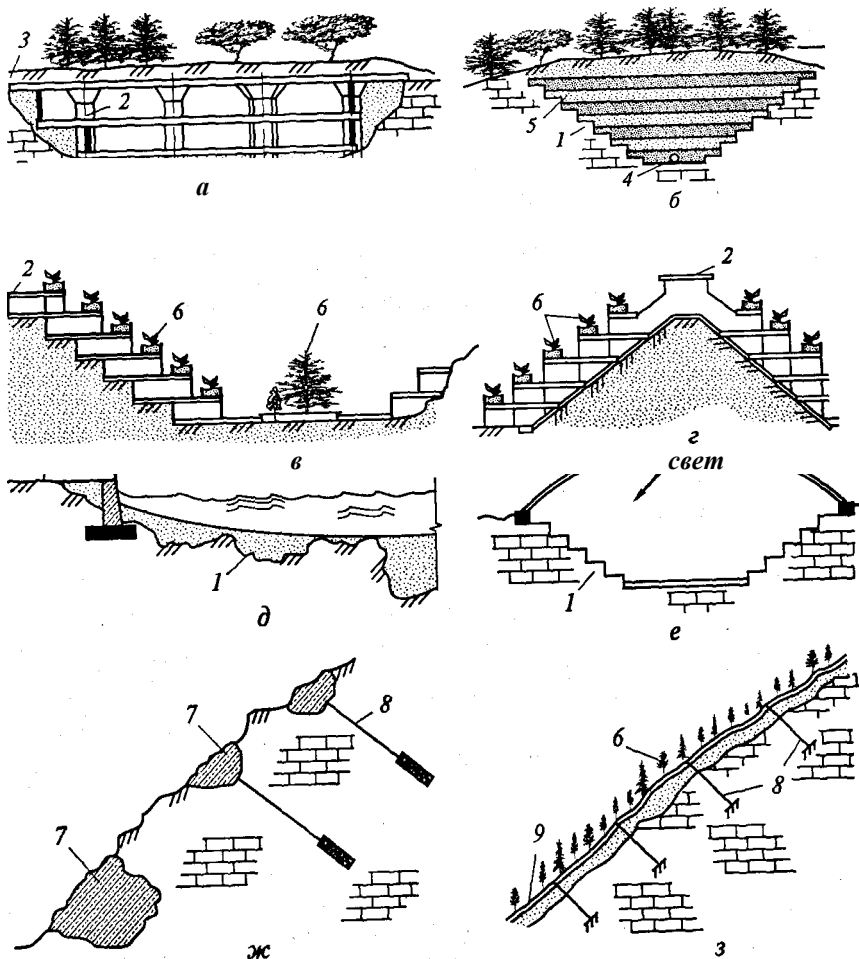
Окончание таблицы 5.2

| | |
|---|---|
| Компонент или показатель состояния компонента | Возможности возврата к прежнему объему и качеству компонента ландшафта |
| Сенсорная среда | Полный возврат невозможен. Необходимо приближение к естественным природным воздействиям на органы чувств |
| Соотношение естественной среды и города | Полный возврат к естественной среде невозможен. Необходимо установление соотношения, поддерживающего природу и не допускающего ее отступления; требуется восстановление экологической инфра-структуры |

Экологичная реставрация может заключаться в возврате загрязненного ландшафта или его отдельных компонентов в состояние, близкое к прежнему естественному (например, перевод наземного объекта в подземное пространство с устройством на освободившейся поверхности земли сквера или парка), либо в создании на нарушенной территории нового природного ландшафта (например, создание искусственного озера на месте заброшенного открытого карьера для добычи какого-либо сырья)(рисунк 5.1).

Экологичная реставрация загрязненных ландшафтов приносит реальные положительные результаты, если она имеет системный характер, сопряжена с постоянной экологизацией технологий, которые способствовали ранее загрязнению ландшафта (таблица 5.3). Протезирование нарушенного ландшафта должно применяться как крайняя мера при восстановлении его свойств, при этом для протезов нужно использовать только естественные или экосовместимые искусственные материалы.

Восстановление свойств почв, грунта, грунтовых вод относится к одному из наиболее трудоемких процессов в связи со сложностью технологии удаления загрязнений из почвы. Восстановление свойств почв может осуществляться на месте их расположения. Для этого используются: глубокая вспашка и аэрация; микробное восстановление свойств; фитомелиорация; промывка почв на месте; введение в почвы связывающих загрязнения добавок, гумуса, других природных удобрений, микроэлементов.



а – строительство здания в выемке; б – устройство свалки в выемке; в, г – застройка неудобий; д – создание искусственного водоема; е – организация спортивного комплекса в выемке; ж, з – протезирование и озеленение

1 – выемка; 2 – здание; 3 – обваловка; 4 – дренажная система;
 5 – свалка; 6 – высаживаемые растения; 7 – пломбы; 8 – анкеры;
 9 – сетка, удерживающая грунт и растительность

Рисунок 5.1 – Варианты биопозитивной реставрации ландшафтов

Таблица 5.3 – Направления экологической реставрации компонентов ландшафтов

| Компонент | Направления экологической реставрации |
|--------------------|---|
| Почва | Естественное многолетнее восстановление Промывка, аэрация, введение гумуса, фитомелиорация. Микробное восстановление Снятие, очистка и возврат с введением флоры и фауны |
| Вода | Естественное многолетнее восстановление Снижение водопотребления и создание замкнутых циклов водопотребления Глубокая очистка воды и ила в водоемах Поддержка развития растений и животных, играющих роль биофильтров |
| Атмосфера | Экологизация атмосферы, глубокая очистка воздуха Фитомелиорация, пермакультура Дезодорация, одорация природными запахами Восстановление слоя озона |
| Рельеф и литосфера | Протезирование нарушенных и исчезнувших форм Рекультивация нарушенных территорий Противоэрозионные мероприятия Создание подземных техногенных месторождений |
| Флора и фауна | Экореставрация ландшафта, устройство устойчивого культурного ландшафта Сохранение естественной территории с созданием зеленых зон и коридоров. Устройство охраняемых природных территорий с непроницаемыми границами Устройство в исключительных случаях искусственных биосфер |

Одним из способов является также невмешательство в процесс естественного долготетного восстановления свойств.

Другой вариант восстановления свойств почв заключается в снятии загрязненного слоя, очистке его в заводских условиях и последующем возврате на место. В этом случае после возврата почвы необ-

ходимо искусственное создание в ней микрофлоры и посадка растений. Из всех способов восстановления свойств почв наиболее эффективны микробное восстановление и фитомелиорация. Некоторые микроорганизмы способны продуцировать почвенные полимеры и таким образом связывать ряд загрязнений в почве.

Для восстановления свойств грунтовых вод нужно в процессе очистки грунта и почвенного слоя или после нее устранить все искусственные преграды на пути движения грунтовых вод (подземные стены, фундаменты, уплотненный или закрепленный грунт, бетонные массивы и др.), восстановить рельеф и растительность. Одновременно должно быть прекращено поступление загрязнителей в грунтовые воды.

Если поверхность земли сильно эродирована, почвенный слой унесен, то восстановление травяного покрова, кустарников и деревьев может представлять сложную проблему, особенно на скальных основаниях. В этом случае можно использовать искусственные почводерновые ковры, расстилаемые по любому грунтовому основанию. Эти ковры могут быть выполнены в виде многослойного мата, в котором между верхним и нижним водопроницаемыми синтетическими сетчатыми покрытиями (геотекстилем) расположен слой естественного грунта с удобрениями и семенами травы, причем наружные сетки периодически прошиты, чтобы мат не развалился. После укрепления матов остается только полить эти ковры или дожидаться естественных осадков. Постепенно корни травы проникают в расположенный ниже естественный грунт и закрепляются. Для закрепления почвенно-растительного слоя используют решетчатые маты.

В процессе восстановления состояния водоемов (всех видов текучих и стоячих вод) необходимо восстановить свойства воды, растительного и животного мира, рельефа. Эти компоненты водоемов взаимосвязаны: растительность и животные помогают очистить воду, работая в качестве биофильтров; растительность влияет на рельеф дна, формируя отложения.

Для восстановления чистоты водоемов применяют различные способы. Одним из основных является запрещение сброса загрязненных вод в водоем (переход на сниженное водопотребление с замкнутыми циклами или использование глубокой очистки сбрасываемых вод с последующим возвратом их в цикл) и невмешательство в многолетний процесс самовосстановления водоема, т. е. его естественной очистки благодаря выпадению чистых дождей, абсорбции загрязнителей растительностью и животными, разбавлению воды чистыми водами из

впадающих рек или ручьев и т.д. Могут быть рекомендованы удаление сильно загрязненного ила и его очистка в заводских условиях или захоронение при невозможности очистки, а также удаление илстых неорганических загрязненных наносов.

Перспективным вариантом являются постоянно работающие очистные установки, которые используют энергию ветроагрегатов, размещенных на берегу водоема или на дне. Приводимые ветроагрегатами насосы обеспечат постоянную подачу воды в воздух. Капли воды, проходя сквозь воздух, будут очищаться и насыщаться кислородом.

Можно указать еще ряд способов: выращивание в загрязненном иле водных растений, способствующих выведению из него загрязняющих веществ, с последующей уборкой этих растений и их захоронением, а также создание сообществ таких растений и питающихся ими рыб; культивирование водных животных – биофильтров (мидии и др.), создание условий и подводных устройств для их размножения и безопасного существования; использование автоматических подводных очистных установок, работающих на энергии течения воды или движения волн.

Восстановление рельефа и литосферы может быть необходимо после окончания добычи открытым способом различных полезных ископаемых, в случае если образовавшиеся выемки мешают сельскохозяйственному либо какому-то другому освоению территории, или визуально загрязняют ландшафт, или являются накопителями фунтовых вод. После разработки гор или холмов их восстановление необходимо, например, для возврата прежнего микроклимата территории. Восстановление рельефа актуально также для береговой зоны с сильной абразией (разрушение берегов волнами, водой) и для выветривающихся склонов гор.

Восстановление литосферы может быть рекомендовано в связи с образованием больших подземных полостей, вызывающих деформирование дневной поверхности и расположенных над ними зданий, а также отрицательно влияющих на движение грунтовых вод. Для восстановления рельефа применяют следующие способы:

- устройство внутри выработки подземного сооружения с укладкой на покрытие почвенно-растительного слоя толщиной 0,5-2 м;
- засыпка открытых полостей естественным грунтом, подобным по составу окружающему (вмещающему) грунту, с уплотнением его до плотности окружающего грунта (чтобы не было осадки дневной поверхности) и созданием по верху почвенного слоя;

- послойная засыпка большой выработки в нефилтующем прочном грунте без трещин и грунтовых вод нетоксичными отходами и грунтом с дальнейшей укладкой по верху почвенного слоя, в который можно посадить деревья и траву;

- заполнение разработанных в склонах гор выемок бетоном или бутобетоном, заанкеренным в массив скалы;

- восстановление (протезирование) полностью скрытых возвышенностей наподобие строительства плотины. Вначале надо создать бетонное многупустотное или фунтовое ядро (основу горы); затем в полости на наружной поверхности бетона (выполняются при бетонировании) уложить слой растительного фунта, обеспечивающий возможность роста корневой растений, по склону искусственной горы уложить грунтово-дерновой ковер;

- создание искусственного озера в выемке, если в ней имеется грунтовая вода. Для этого можно засыпать крупные неровности на дне, закрепить берега (например, сделать набережные и озеленить их), уложить слой ила на дно, высадить водные растения и затем постепенно зарыбить озеро стойкими к данной среде породами. Далее можно высадить в иле подходящие для среды и используемые рыбами растения;

- восстановление рельефа дна водоемов отсыпкой камня с закреплением водорослями. При необходимости переформирования рельефа дна применяют искусственные водоросли, так как они задерживают перемещаемые водой твердые частицы.

Экологичным способом реконструкции нарушенного ландшафта можно считать его использование для строительства террасных зданий или других объектов (рисунок 5.1).

Экологичная реконструкция литосферы (закрытых разработок) заключается в том, что вынутая порода замещается экосовместимым заполнением, которое должно обладать такими же прочностью, водонерастворимостью, водопроницаемостью, деформируемостью, как и вмещающий грунт, не выделять загрязнителей.

Если может быть обеспечена многолетняя герметичность полости внутри вмещающего фунта, в которую закладывается заполнение, а также гарантировано отсутствие контакта этого заполнения с грунтовыми водами, то закрытые выработки можно использовать и для захоронения малотоксичных отходов.

Важнейший вопрос восстановления флоры и фауны непосредственно связан с масштабом предполагаемых работ, который зависит как от степени антропогенного преобразования прежней флоры и фауны,

так и от размеров территории. На макротерриториальном уровне следует обратить внимание на наличие или восстановление необходимого экологического каркаса мест расселения с созданием в обоснованных случаях зон экологического равновесия, буферной и др. В урбоареалах единственным экологичным способом частичного сохранения природной флоры и фауны и их восстановления является резервирование озелененных территорий внутри урбоареалов и соединение их сетью экологических (зеленых) коридоров. Зеленые территории обязательно должны соединяться достаточно широкими непрерывными коридорами для свободной миграции животных, поддержания биоразнообразия и устойчивости. С этой точки зрения предпочтительнее лучевая схема развития городов, когда между урбанизированными территориями сохраняется природная среда в виде зеленых лучей.

Дополнительные зеленые территории можно получить путем перевода под землю многих плоскостных сооружений - главным образом стоянок, автопредприятий, гаражей, складов, хранилищ и др.

Внутри зеленых коридоров в городах можно устраивать дорожки и площадки для занятий спортом, общественные центры экологического образования и воспитания, библиотеки, дендрарии, «пилотные» полностью экологичные здания и др. Густота сети зеленых коридоров может определяться из условия, что каждый житель города должен доходить от своего дома до озелененной территории не более чем за 15-20 мин. Этому времени соответствует расстояние около 1 км.

Вопрос восстановления фауны, интродукции и акклиматизации диких животных, обогащения ранее нарушенной фауны новыми или прежними видами чрезвычайно сложен ввиду расширения хозяйственной деятельности, создания антропогенных ландшафтов.

Восстановление флоры и фауны, существовавших до антропогенного изменения ландшафта, как правило, должно начинаться после восстановления рельефа, почвенного слоя, состояния водоемов, грунтовых вод. Растения и животные, являющиеся биофильтрами, могут использоваться на более ранних стадиях восстановления ландшафта для очистки его компонентов от загрязнителей.

Контрольные вопросы по разделу 5

1. Чем отличаются понятия «экологическая реконструкция» и «экологическая реставрация»?
2. На каких уровнях городской среды должно производиться экологическое совершенствование?

3. Свойства каких компонентов окружающей среды можно восстановить полностью?
4. Что такое «зеленые коридоры», их назначение?
5. Как можно реконструировать нарушенный ландшафт?
6. Способы восстановления почвенного слоя.
7. Способы восстановления качества воды в водоемах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сохранение благоприятной для проживания человека окружающей среды - проблема многогранная и требует решения в нескольких плоскостях.

Создание малоотходных технологических процессов для промышленного производства – очень эффективный способ минимизации негативного воздействия на окружающую среду, но, как показывает практика, подобные технологии можно внедрить только на 2 предприятиях из 100.

В решении проблем экологии помогают также различные способы переработки отходов производства и потребления. Тем не менее, это тоже не является панацеей, поскольку производство продукции на основе отходов далеко не всегда экономически эффективно и способствует появлению новых отходов, зачастую более опасных, чем исходные.

В какой-то мере проблему отходов решает их надежная утилизация, но это также очень затратно, и проблема разрастающихся с каждым годом свалок, полигонов и могильников остается.

Сделать более комфортной для проживания нашу среду обитания позволяет рациональное, экологически обоснованное градостроительство. Такие приемы, как «экологическая реконструкция» и «экологическая реставрация» способствуют не только восстановлению благоприятных для человека свойств природной среды, но и их улучшению.

Реализация мероприятий по всем из перечисленных направлений сделает среду обитания благоприятной для человека и комфортной.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Денисов, В. В.** Промышленная экология [Текст] : учеб. пособие / В. В. Денисов, В. В. Гутенев ; под общ. ред. В. В. Денисова. – М. : МарТ, 2007. – 720 с., ил.
2. **Гридэл, Т. Е.** Промышленная экология [Текст] : учеб. пособие для вузов / Т. Е. Гридэл, Б. Р. Алленби. – М. : Юнити-Дана, 2004. – 672 с.
3. **Калыгин, В. Г.** Промышленная экология [Текст] : курс лекций / В. Г. Калыгин. – М. : МНЭПУ, 2002. – 320 с.
4. **Передельский, Л. В.** Строительная экология [Текст] : учебное пособие / Л. В. Передельский, О. Е. Приходченко. – Ростов н/Д : Феникс, 2003. – 320 с.
5. **Тетиор, А. Н.** Городская экология [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Н. Тетиор. – М. : Академия, 2006. – 336 с.
6. **Иванов, Н. И.** Промышленная экология и экологический менеджмент [Текст] / Н. И. Иванов, И. М. Федина. – М. : Логос, 2001. – 624 с.
7. **Маслов, Н. В.** Градостроительная экология [Текст] : учеб. пособие для строит. вузов / Н. В. Маслов. – М. : Высш. шк., 2002. – 284 с.
8. **Зайцев, В. А.** Промышленная экология [Текст] : учеб. пособие / В. А. Зайцев. – М. : Изд-во РХТУ, 2000. – 130 с.
9. **Родионов, А. И.** Технологические процессы экологической безопасности. Основы энвайроменталистики [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. – 800 с.
10. **Лотош, Г. А.** Переработка отходов природопользования [Текст] : Г.А. Лотош. – М. : Стройиздат, 2000. – 487 с.
11. **Арустамов, Э. А.** Природопользование [Текст] : учеб. пособие / Э. А. Арустамов. – М. : Дашков и К°, 1999. – 252 с.
12. **Воробьев, О. Г.** Инженерная защита окружающей среды [Текст] : учеб. пособие / ред. О. Г. Воробьев. – СПб. : Лань, 2002. – 288 с.
13. **Ксензеенко, В. И.** Общая химическая технология и промышленная экология [Текст] : учеб. пособие / В. И. Ксензеенко. – М. : Химия, 2001. – 328 с.
14. **Сартакова, О. Ю.** Чистая вода : традиции и новации [Текст] : учеб. пособие / О. Ю. Сартакова, О. М. Горелова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2002. – 178 с.

Ольга Михайловна Горелова

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Редактор В. Д. Красильникова

Подписано в печать 28.12.09. Формат 60x84 1/16.

Печать – цифровая. Усл. п.л. 9,30.

Тираж 100 экз. Заказ 2009 – 743.

Издательство Алтайского государственного
технического университета им. И. И. Ползунова,

656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

<http://izdat.secna.ru>

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР№020822 от 21.09.98 г.

Отпечатано в типографии АлтГТУ,

656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

тел.: (8-3852) 36-84-61

Лицензия на полиграфическую деятельность

ПЛД №28-35 от 15.07.97 г.