

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра экологии и географии

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Курс лекций

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2023*

УДК 502.22(075.8)
ББК 20.18я73+18я73
П-81

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 1 от 30.10.2023.

Составитель: доцент кафедры экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент **В.В. Яновская**

Р е ц е н з е н т :
заведующий кафедрой фундаментальной и прикладной биологии
ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук,
доцент *И.И. Ефременко*

П-81 **Промышленная экология : курс лекций / сост. В.В. Яновская. –**
Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2023. – 140 с.
ISBN 978-985-30-0084-9.

Курс лекций разработан для студентов, обучающихся по специальности «Экология». В нем представлены вопросы и основные концепции современной промышленной экологии, системный подход к изучению экологических проблем, связанных с антропогенной деятельностью человека. Данное учебное издание соответствует учебной программе курса для студентов первой ступени высшего образования.

УДК 502.22(075.8)
ББК 20.18я73+18я73

ISBN 978-985-30-0084-9

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Тема 1 ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА	6
1.1 Промышленная экология – научная основа рационального природо- пользования	6
1.2 Введение в промышленную экологию	8
1.3 Методы и средства промышленной экологии	11
1.4 Характер и оценка взаимосвязей производственных единиц с экоси- стемами	11
Тема 2 ОСНОВНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ И МАСШТАБЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	12
2.1 Стратегия мирового развития	12
2.2 Общая характеристика загрязнений окружающей среды	20
2.3 Загрязнение атмосферы	22
2.3.1 Классификация выбросов загрязняющих атмосферу веществ	26
2.4 Загрязнение гидросферы	27
2.5 Загрязнение почвы	33
2.5.1 Источники загрязнения почвы	35
2.6 Физические (энергетические) загрязнения	37
Тема 3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВА- ЮЩИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	46
3.1 Общие сведения	46
3.2 Установки производства светлых нефтепродуктов	47
3.2.1 Установки первичной перегонки нефти	47
3.2.2 Установки каталитического риформинга	48
3.2.3 Установки гидроочистки	49
3.3 Установки производства темных нефтепродуктов	49
3.3.1 Установка по производству жидких парафинов «Парекс»	49
3.3.2 Производство нефтяных масел	50
3.3.3 Установка производства битумов	52
3.4 Нефтехимические производства	53
3.4.1 Производство полиэтилена	53
3.4.2 Производство нитрила акриловой кислоты (НАК)	54
3.4.3 Производство метилакрилата (МА)	54
3.4.4 Производство волокна нитрон	55
Тема 4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗ- ВОДСТВ	57
4.1 Экологическая характеристика производства эластомеров	57
4.1.1 Шинная промышленность	59
4.2 Экологическая характеристика производства химических волокон	61

4.3 Экологическая характеристика производств основного неорганического синтеза	64
4.3.1 Производство серной кислоты	64
4.3.2 Производство фосфорной кислоты и фосфорных удобрений	66
4.3.3 Производство аммиака и продуктов на его основе	68
4.3.4 Производство калийных удобрений	70
Тема 5 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ	71
5.1 Объекты теплоэнергетики и пути совершенствования их технологий, обеспечивающие снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду	71
5.2 Объекты гидроэнергетики и объекты атомной энергетики	74
5.2.1 Гидроэнергетика	74
5.2.2 Атомная энергетика	80
5.3 Геотермальная энергетика и объекты солнечной энергетики	83
5.3.1 Геотермальная энергетика	83
5.3.2 Солнечная энергия	86
Тема 6 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	91
6.1 Загрязнение атмосферы выбросами машиностроительных предприятий	91
6.1.1 Литейные цеха	91
6.1.2 Кузнечно-прессовые и прокатные цеха	94
6.1.3 Термические цеха	95
6.1.4 Гальванические цеха	95
6.1.5 Цеха механической обработки	96
6.1.6 Цеха производства неметаллических материалов	98
6.1.7 Сварочные цеха	98
6.1.8 Участки пайки и лужения	99
6.1.9 Окрасочные цеха	99
6.2 Загрязнение сточных вод машиностроительных предприятий	100
6.2.1 Цеха машиностроительных предприятий	101
6.2.2 Участки машиностроительных предприятий	102
6.3 Загрязнение почвы отходами машиностроительных предприятий	103
Тема 7 ПРОМЫШЛЕННЫЕ, ТОКСИЧНЫЕ ОТХОДЫ И ЗАЩИТА ПОЧВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	105
7.1 Классификация отходов, виды промышленных отходов	105
7.2 Образование и обращение с отходами	110
7.2.1 Перечень основных нормативных правовых актов в области обращения с отходами	113
7.3 Динамика образования отходов	116
7.3.1 Управление отходами	126
7.4 Защита почв от загрязнения	136
ЛИТЕРАТУРА	139

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Промышленная экология» предусмотрена учебной программой для подготовки студентов, обучающихся по специальности «Экология». Теоретические вопросы, которые изучаются в ходе преподавания дисциплины, позволяют расширить имеющиеся знания по экологии промышленного производства.

Предметом изучения науки являются эколого-технологические системы, объединяющие в своем составе инженерные объекты, природные комплексы и геосистемы. В основе промышленной экологии лежит концепция безотходной технологии, предусматривающая цикличность материальных и энергетических потоков, которая заложена в самой природе.

В дисциплине охарактеризованы основные понятия, нормативно-правовая база, структура и особенности экологически опасных отраслей промышленности.

Цель курса – сформировать у студентов-экологов научно обоснованную систему сведений по методам оценки реального воздействия промышленных объектов на биосферу и о путях минимизации негативных последствий этого воздействия.

Задачи изучения учебной дисциплины

- продолжить формирование экологического мировоззрения;
- освоить методы контроля качества окружающей среды и приборов, используемых для этого;
- изучить технологические процессы, обеспечивающие снижение экологической нагрузки промышленных предприятий на окружающую среду;
- научиться определять характер взаимосвязи производственных единиц с экосистемами и давать им оценку;
- освоить методики определения и расчета основных экологических нормативов.

Студент после изучения дисциплины должен уметь применять экологические знания к оценке прикладных экологических проблем, уметь разрабатывать научно обоснованные алгоритмы их решения, а также планировать и осуществлять научные исследования в сфере прикладной и частной экологии на основе современных методик.

Тема 1 ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

1.1 Промышленная экология – научная основа рационального природопользования

Грандиозные масштабы производственной деятельности человека привели к большим позитивным преобразованиям в мире – созданию мощного промышленного и сельскохозяйственного потенциала, широкому развитию всех видов транспорта, мелиорации больших земельных площадей, созданию систем искусственного климата. Вместе с тем резко ухудшилось состояние окружающей среды. Загрязнение атмосферы, водоёмов и почвы твердыми, жидкими и газообразными отходами достигает угрожающих размеров, происходит истощение невозобновляемых природных ресурсов, в первую очередь, полезных ископаемых и пресной воды. Дальнейшее ухудшение состояния экосферы может привести к далеко идущим отрицательным последствиям для человечества (рост заболеваемости и детской смертности, сокращение продолжительности жизни и т.д.). Поэтому охрана природы, защита её от загрязнений стала одной из важнейших глобальных проблем.

Современная *промышленная экология* – это самостоятельная наука, изучающая влияние промышленной деятельности на биосферу и её эволюцию в техносферу, а также определяющая пути достаточно безболезненного для человеческой цивилизации перехода техносферы в ноосферу.

Методической основой курса промышленной экологии является научный анализ экологической характеристики производства (технологического процесса, аппаратного оформления, сырьевых и вспомогательных материалов, их возможного воздействия на окружающую среду). На основе детального анализа проводится оценка реального воздействия производства (производственных комплексов) на биосферу, даётся прогноз состояния окружающей среды и намечаются мероприятия по минимизации влияния объектов хозяйственной деятельности на природу.

Целями промышленной экологии являются: решение проблем рационального использования природных ресурсов, предотвращение (на первом этапе – ограничение) загрязнения окружающей среды, совмещение техногенного и биогеохимического кругооборотов веществ, т. е. промышленная экология является средством для устойчивого функционирования эколого-экономических систем.

Важнейшими **задачами**, стоящими перед промышленной экологией, являются: контроль загрязнения окружающей среды (и как высшая форма контроля – мониторинг); анализ экологической ситуации (в широком понимании контроль включает в себя инвентаризацию материальных и энергетических ресурсов, качественную и количественную оценку влияния человека на окружающую среду и поиск путей снижения отрицательного

воздействия промышленности на окружающую среду); определение отраслей-загрязнителей и источников загрязнения; нахождение путей снижения вредных выбросов источниками загрязнения с учетом снижения материальных затрат на природоохранную деятельность; прогнозирование последствий хозяйственной деятельности; экологизация промышленных технологий; очистка воздуха и воды; решение проблем использования или захоронения твердых промышленных и бытовых отходов; эколого-экономическая экспертиза технических решений.

Средства для решения задач, стоящих перед промышленной экологией, включают в себя современные достижения науки и техники, а также экономические рычаги (налогообложение, стимулирование) и природоохранное законодательство.

Для комплексного решения экологических проблем создаются территориально-промышленные комплексы и эколого-промышленные парки, в которых реализуются следующие актуальные задачи:

- предупреждение отрицательного влияния производства на окружающую среду;
- эффективное использование сырьевых и энергетических ресурсов, в том числе вторичных материальных и энергетических ресурсов;
- учет последствий принятых решений;
- планирование с учетом экологических ограничений;
- управление качеством окружающей среды;
- наблюдение за всеми технологическими процессами (от переработки сырья до захоронения отходов);
- применение малоотходных процессов;
- рециркуляция ресурсов.

С точки зрения экологии материальные потоки в природе являются замкнутыми, в то время как в промышленности они разомкнуты и характеризуются малыми концентрациями полезных веществ в отходах, что мешает их эффективному использованию.

В настоящее время **основными направлениями промышленной экологии** являются: экологизация технологий; создание малоотходных процессов; очистка атмосферы и водных ресурсов от вредных примесей; переработка твёрдых отходов (или их захоронение); использование экономических и правовых рычагов для охраны окружающей среды.

В современных условиях незагрязненная окружающая среда уже не является даром природы и ее чистоту следует рассматривать как одну из целей общественного производства.

Однако **чистота среды**, как общественная потребительская стоимость обладает особенностью, которая выделяет ее из совокупностей традиционных полезностей – *это неделимое и коллективно всем обществом потребляемое благо.*

Одним из основных показателей, используемых для определения эффективности мероприятий, разрабатываемых в рамках **промышленной**

экологии для охраны окружающей среды, является **ущерб**, наносимый той или иной промышленной отраслью или промышленным и иным объектом в частности.

Глубокое изучение методов расчета экономического ущерба от загрязнения среды – важнейшее направление инженерных исследований и является предметом изучения самостоятельных дисциплин – *инженерная экология, экономика природопользования*.

Основная цель промышленной экологии: *разрабатывать и совершенствовать инженерно-технические средства защиты окружающей среды, всемерно развивать основы создания замкнутых, безотходных (малоотходных) технологий, на основе оценки степени вреда, приносимого природе научно-техническим прогрессом (НТП).*

Основные практические мероприятия по снижению негативного воздействия промышленного производства на окружающую природную среду:

1) Внедрение новых или изменение существующих технологий с целью уменьшить или полностью устранить промышленные выбросы;

2) Строительство газопылеулавливающих установок, сооружений по очистке сточных вод и утилизации отходов;

3) Строительство высоких труб для рассеивания выбросов в атмосфере (старая технология еще XIX века);

4) Разбавление сточных вод чистыми природными перед сбросом их в открытые водоемы;

5) Захоронение жидких и твердых отходов в подземных пластах и выработках;

6) Проведение планировочных работ (отделение предприятий, выделяющих производственные вредности от жилых районов Санитарно-защитными зонами и зелеными защитными разрывами).

Техническую сторону экологической проблемы, связанной с предотвращением загрязнения окружающей среды в настоящее время эффективно можно решить посредством проведения мероприятий двух первых направлений – т.е. экологизация технологических процессов.

1.2 Введение в промышленную экологию

Экология (от греч. oikos – дом, жилище, хозяйство, обиталище, местообитание, родина и logos – понятие, учение, наука) – наука, изучающая взаимоотношения живой и неживой природы. Термин впервые предложил в книге «Общая морфология организмов» в 1866 году немецкий биолог Эрнст Геккель. Понятие «промышленная экология» появилось в начале 80-х годов XX века и к настоящему времени существует несколько определений данного термина. Н.Ф. Реймерс (1990) дает следующее определение: «Промышленная экология» – дисциплина, рассматривающая воздействие

промышленности – от отдельных предприятий до техносферы – на природу, и наоборот, – влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

В работе Р.А. Степень и С.М. Репях (2000) под промышленной экологией понимается наука об эколого-экономических системах. А.А. Челноков и Л.Ф. Ющенко (2001) также считают, что современная промышленная экология – это самостоятельная наука, изучающая влияние промышленной деятельности на биосферу, а также определяющая пути достаточно безболезненного для человеческой цивилизации перехода техносферы в ноосферу.

В.В. Снакин (2000) считает, что промышленная экология – это научное направление, предметом изучения которого является непосредственное отрицательное антропогенное воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду. Большинство специалистов считают, что наиболее полно содержание дисциплины отражено В.А. Зайцевым (1999), который считал, что промышленная экология рассматривает (изучает) взаимосвязь (и взаимозависимость) материального, в первую очередь промышленного, производства, человека и других живых организмов и среды их обитания, то есть предметом изучения промышленной экологии являются эколого-экономические системы.

Окружающая среда (ОС) – целостная система взаимосвязанных природных и антропогенных объектов и явлений, в которой протекают труд, быт и отдых людей. Понятие «ОС» включает социальные, природные и искусственно создаваемые физические, химические, биологические объекты.

Таким образом, человечество всегда зависело и зависит от природной среды. Характер этой зависимости непрерывно менялся и меняется и определяется как изменением природы, так и главным образом развитием человека как биологического и социального существа.

С ростом НТП чрезвычайно увеличивается суммарная нагрузка производственных объектов на окружающую природную среду.

В поле зрения эколога наряду с изучением самих организмов, является среда их обитания (природная среда). Таким образом, одним из направлений развития общей экологии является **промышленная (инженерная) экология (ПЭ)**.

Ранее *промышленная экология* представлялась как раздел классической экологии, *рассматривающий воздействие промышленности, транспорта, сельского хозяйственного производства на природу и наоборот, влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.*

Произошедшее за последние 100 лет полное превращение биосферы под влиянием непосредственной человеческой жизнедеятельности в техносферу (предсказано В.И. Вернадским) требует выделения ПЭ в самостоятельную научную дисциплину со своим теоретическим и экспериментальным аппаратом исследований.

Промышленная экология – это наука изучающая влияние промышленной деятельности на биосферу и эволюцию биосферы в техносферу, а также определяющая пути наиболее оптимального перехода техносферы в ноосферу.

На основе детального анализа проводится оценка реального воздействия производства (производственных комплексов) на биосферу, дается прогноз состояния окружающей среды и намечаются мероприятия по минимизации отрицательного влияния объектов хозяйственной деятельности на природу.

Знания, накопленные в рамках промышленной экологии, позволяют сделать вывод о том, что возврат к дотехногенной биосфере невозможен.

Человечество, если оно надеется сохраниться на планете и жить в достаточно комфортных условиях, неизбежно должно идти вперед от изуродованной его руками техносферы к преобразованной его мыслью и осознанными желаниями ноосфере.

В этой связи неимоверно возрастает роль **промышленной экологии** как науки, способной разработать стратегию и тактику этого перехода.

Объект изучения промышленной экологии – производство в широком смысле слова.

Предмет изучения промышленной экологии – взаимовлияние хозяйственной деятельности производства (промышленного и иного объекта) и окружающей среды.

Наиболее массивный вред природной среде наносят промышленные предприятия, энергетика, автомобильный транспорт, ставшие неотъемлемой частью урбанизированных и техногенно нагруженных территорий. Это требует нового подхода к организации и функционированию промышленных производств и экономических систем.

Широкомасштабная техногенная деятельность не только нарушит развитие биосферных процессов, но и отчуждает человека от природы. Человечество уже находится в органическом единении с биоценозами и биогеоценозами. Человек стремится при этом подчинить природу своим интересам. Большая часть его деятельности выходит за рамки экосистемных законов и часто развивается вопреки им. Практически человек в конфликте с природой создал особую среду своего обитания, своей жизнедеятельности – техносферу.

Совокупность инженерно-технических процессов в земной коре, гидросфере, атмосфере и ближнем Космосе; научных и технических достижений, позволяющих человеку использовать природные ресурсы и изменять состояние среды жизни, а также перестройка биосферы и создание новой планетной оболочки (техносферы), где преобладает человечество как геологическая сила, т.е. все, что связано с производственной деятельностью человека, называют **техногенезом**. А созданные в его процессе или возникшие как его побочный результат искусственные (техногенные) вещества, включая вышедшую из строя технику, оказывающие определенные воздействия на среду обитания организмов, называют **техногенной продукцией**.

1.3 Методы и средства промышленной экологии

Методологической основой промышленной экологии служит системный подход с учетом всего многообразия экономических, биологических, социальных, технологических и других связей, их разнообразия и соподчинения. Технологий в человеческом обществе существует, по крайней мере, столько же, сколько и разных видов созданных человеком продуктов (а многие продукты имеют и по множеству разных технологий), все это многообразие технологий можно подразделить на три основных класса: физико-механические, химические и биотехнологические.

В **физико-механических** технологиях исходный материал (сырье) в процессе получения продукта меняет форму или агрегатное состояние, но не изменяет своего химического состава (например, технология переработки древесины для производства деревянной мебели). В процессе получения продукта в **химических** технологиях сырье претерпевает изменения химического состава (например, получение полиэтилена из природного газа). **Биотехнологические** процессы занимают особое место в природоохранных технологиях, поскольку в основе своей являются экологически чистыми производствами (например, микробиологическая очистка сточных вод предприятий и почв от нефти и нефтепродуктов).

В основе промышленной экологии лежит концепция «безотходной технологии», предусматривающей цикличность материальных потоков. На Общеевропейском совещании по сотрудничеству в области охраны окружающей среды (г. Женева, 1979 г.) было сформулировано понятие «безотходная технология» – «...практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и защитить окружающую среду».

В настоящее время, особенно за рубежом, часто применяется термин чистое производство как «...производство, которое характеризуется непрерывным и полным применением к процессам и продуктам природоохранной стратегии, предотвращающей загрязнение окружающей среды таким образом, чтобы понизить риск для человечества и окружающей среды».

1.4 Характер и оценка взаимосвязей производственных единиц с экосистемами

Все промышленные объекты влияют на экосистемы (связанные между собой живые организмы и их среда обитания).

Известно, что *окружающая среда находится в состоянии экологического равновесия*: цикличность потоков материалов и энергии (круговорот воды, азота, углерода, кислорода и др. элементов) обеспечивает постоянное восстановление окружающей среды и поддерживает ее в состоянии,

пригодном для существования живых организмов. Для отдельных видов организмов количество пищи на Земле ограничено. Так для людей количество пищи, даже при использовании всех возможных ресурсов суши и моря, не может быть увеличено более чем в 10 раз – это максимум.

Отдельные *биогеоценозы являются относительно устойчивыми во времени и термодинамически открытыми в отношении потоков вещества и энергии*. Они сложились в ходе длительной эволюции и представляют собой слаженные, устойчивые, способные к саморегуляции системы, противостоящие как изменениям в среде, так и изменениям в численности организмов.

Техногенный круговорот веществ и энергии в промышленном производстве имеет крайне низкий уровень замкнутости и устойчивости: неиспользуемые отходы производства и потребления составляют до 90%.

Наложение друг на друга термодинамически открытых биохимических и техногенных циклов приводит к свободному проникновению отходов в биогеоценозы. Это обстоятельство, отягощенное такими отрицательными факторами, как токсическое воздействие отдельных компонентов отходов на организмы и сокращение пространства для их обитания приводит к:

- 1) резкому уменьшению фотосинтезирующей активности растений;
- 2) резкому к уменьшению количества пищи;
- 3) ухудшению состояния и биологической продуктивности экосистем в целом.

Тема 2 ОСНОВНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ И МАСШТАБЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

2.1 Стратегия мирового развития

Понятие «экологический кризис» впервые появилось в 1972 г. на страницах первого доклада Римского клуба – авторитетной международной ассоциации по изучению глобальных проблем современности. В этом докладе, озаглавленном «Пределы роста», авторский коллектив под руководством американского кибернетика Д. Медоуза построил прогностическую модель мира, используя в качестве переменных факторов рост населения, капиталовложения, занятое человеком земное пространство (степень нарушенности экосистем), степень использования природных ресурсов и загрязнения биосферы. Выводы доклада сводились к следующему: при сохранении темпов роста и тенденции развития экономики человечество придет к катастрофе и погибнет в 2100 г. К этому времени большая часть населения вымрет от голода и истощения. Природных ресурсов не хватит на производство необходимых материальных благ; из-за загрязнений окружающей среды станет непригодной для обитания в ней человека.

Противоречия во взаимодействии общества с природной средой неизбежны. Материя (вещество, энергия и информация) в процессе обмена между обществом и природой никуда не исчезает, а переходит из одной формы и состояния в другую. При этом прогресс общества неизбежно идет «за счет» природы, так как, удовлетворяя свои потребности, люди в процессе производства заимствуют у природной среды материальные блага, отчуждая их у нее. Но если общество существует за счет природы, его прогрессивное развитие не может быть бесконечным. Реальное общество всегда развивается на ограниченном по объему пространстве, каким и является наша планета. Поэтому общество неизбежно на определенном этапе (в силу несотворимости и неуничтожимости материи) должно столкнуться с экологической проблемой. Таким образом, указанная проблема обусловлена возрастанием противоречий в вещественных, энергетических и информационных связях общества с природной средой.

За истекшее столетие в человеческом обществе произошли два важнейших сдвига. Во-первых, не только резко увеличилась численность населения Земли (до 8,07 млрд человек в 2023 г.), но и сохраняется тенденция дальнейшего её возрастания. Еще в начале 50-х годов эта цифра была втрое меньше. Во – вторых, промышленное производство, выпуск энергии и продуктов сельского хозяйства значительно выросли, хотя и не адекватно росту населения.

Человечество по мощности воздействия на поверхностные оболочки планеты уже не уступает суммарному воздействию всех живых организмов, оно использует не только огромные энергетические ресурсы биосферы, но и не биосферные источники энергии (например, атомную), ускоряя при этом геохимические преобразования природы. Отдельные антропогенные процессы при этом направлены противоположно по отношению к естественному ходу их в биосфере. Это рассеивание металлов руд, углерода и других биогенных элементов, торможение минерализации и гумификации, освоение законсервированного углерода (уголь, нефть, газ) и его окисление (сгорание), нарушение крупномасштабных процессов в атмосфере, влияющих на климат и т.п. В конечном итоге все это приводит к экологическим кризисам в биосфере.

Экологический кризис – ситуация, которая возникает в экологических системах (биогеоценозах) в результате нарушения равновесия под воздействием стихийных природных явлений или в результате воздействия антропогенных факторов (загрязнение человеком атмосферы, гидросферы, педосферы, разрушение естественных экосистем, природных комплексов, лесные пожары, зарегулирование рек, вырубка лесов и др.). В более широком смысле экологический кризис – критическая фаза в развитии биосферы, при которой происходит качественное обновление живого вещества (вымирание одних видов и возникновение других). Здесь уместно привести образное высказывание: «...экологический кризис – это кнут, которым природа направляет нас на единственно прогрессивный «зеленый» путь развития. Но это и топор, которым природа отсекает с дерева человеческие тупиковые ветви».

В предыстории и истории человечества ученые выделяют ряд экологических кризисов. *Современный кризис* часто называют «*кризисом редуцентов*», поскольку природные редуценты уже не успевают очищать от техногенных отходов или вообще не способны это делать в силу чуждого природе характера выбрасываемых искусственных синтетических веществ – ксенобиотиков. Иначе говоря, биосфера потеряла способность к самовосстановлению.

Почти одновременно с «кризисом редуцентов» активно проявляются и два других экологических напряжения: *термодинамическое (тепловое) и обусловленное снижением надежности экосистем*. Они связаны с экологическими последствиями перепроизводства энергии в нижней тропосфере (парниковый эффект, строительство тепловых и атомных электростанций и т.д.), а также нарушением природного экологического равновесия. Указанные экологические кризисы (они уже начались и обострятся в ближайшем будущем), возможно, будут разрешены, если смогут произойти энергетическая и экологическая революции.

За последние десятилетия во многих регионах планеты внешняя среда по токсической агрессивности стала другой, чем та, в которой происходила эволюция живых организмов и которая породила человека. По сути, современное человечество как бы переселилось на другую, более враждебную планету. Она лишь внешне похожа на Землю, где в течение миллионов лет формировался человеческий организм. Адаптационные системы оказались беззащитными перед новыми видами биологической агрессии. Отсюда и невозможность отдельного человека, вернее, его внутренних механизмов и систем жизнеобеспечения приспособиться к лавинообразной трансформации внешней среды. При этом специалисты в области генетики указывают на необходимость учета еще двух моментов, которые обусловлены спецификой наследственного аппарата: 1) паталогические сдвиги в иммунной системе не только могут передаваться по наследству, но при неблагоприятных условиях имеют тенденцию к накоплению; 2) мужская особь вследствие особенностей механизма адаптации будет больше страдать от экологического прессинга.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), если повреждение генетического аппарата у новорожденных превысит 10%, то неизбежно начнется вырождение нации. Ныне, по экспертным оценкам, этот предел в некоторых зонах экологического бедствия стран Европы, Азии, Америки уже превышен. Удивительно, но неблагоприятно по этому показателю даже в процветающей Японии: по-видимому, от «места» природы не спрятаться никому.

Обусловленные техногенной деятельностью изменения природной среды бумерангом вернулись и к их первопричине – человеку, стали негативно сказываться на самых различных сторонах общественной жизни, вызывать всевозможные коллизии социального характера. Это обстоятельство обусловило настоятельную необходимость глубокого и всестороннего осмысления современного состояния системы «общество – природа», нахождения путей

гармоничного сочетания природопользования и природосбережения. Ниже приводится обзор современных концепций мирового развития.

Система «природа-общество»: основные концептуальные положения и законы. Анализ всего предшествующего общения человека и естественной среды его обитания позволили выделить следующие концептуальные основы экологической доктрины:

1. Природа и общество представляют собой систему взаимосвязанных подсистем, где естественные связи человека и среды его обитания органически переплетаются с социальными связями.

2. Система «природа–общество» состоит из двух подсистем, соответствующих двум формам взаимодействия общества и природы – использованию и охране природной среды. Экономическая подсистема направлена на использование, потребление, преобразование природы человеком. Ее задача – обеспечить удовлетворение экономических интересов общества. Вторая подсистема – экологическая, она выражает экологические интересы человека, следовательно, и всего общества в чистой здоровой, продуктивной и многообразной окружающей природной среде.

3. В центре системы «природа – общество» стоит человек, выступая при этом одновременно и как субъект воздействия на природу в результате своей практической деятельности, и как объект, испытывающий обратное воздействие природы (в экологической подсистеме).

4. Экономические интересы, выраженные экономической подсистемой, и экологические, проявляемые в рамках экологической подсистемы, едины по своей социальной направленности, так как все они призваны обеспечить качество жизни человека. Однако такое единство противоречиво. С объективной стороны, противоречия такого рода суть следствия постоянного экономического воздействия на природную среду, потребления и использования ее ресурсов. Подобное воздействие вносит отрицательные элементы в содержание экологической функции, выполняемой природой, путем ее попутного загрязнения, истощения и разрушения ее элементов. В субъективном отношении такие противоречия возникают из-за пренебрежения человеком законами развития природы. В единстве и борьбе этих противоречий, преодолении недостатков системы следует видеть источник ее развития.

Система «природа – общество» развивается по диалектическим законам, предполагающим единство и взаимосвязь естественного и социального мира. Эти законы равно распространяются как на экологические, так и на экономические отношения.

Закон единства и взаимосвязи природной среды требует учитывать интересы ее охраны, как при эксплуатации природных ресурсов, так и в процессе принятия мер природоохранительного содержания. При решении отдельной проблемы охраны или использования природной среды необходимо учитывать в комплексе все факторы, способные оказать воздействие на нее.

Важное значение для охраны природной среды имеет **закон обязательного перехода количественных изменений в коренные качественные**

изменения. Постепенное загрязнение среды на определенном этапе может привести к коренным качественным ее изменениям, при котором экологическая среда превратится в зону, опасную для здоровья человека, для растительного и животного мира.

Третий закон диалектики отражает **единство и борьбу противоположностей**. Во взаимоотношениях с природой в качестве противоборствующих сторон здесь выступают две категории интересов общества: экономические интересы общества в удовлетворении своих материальных потребностей и экологические интересы человека и всего общества в чистой и здоровой для жизни окружающей среде. Противоречие между этими интересами существовало всегда, так как удовлетворение материальных потребностей неизбежно влечет за собой ущемление биологических средств удовлетворения интересов человека. Доведение этих противоречий до критической точки, до антагонизма приводит к состоянию экологического кризиса, заводит общество в экологический тупик.

Следующий закон диалектики – **отрицание отрицания** можно истолковать в широком смысле как борьбу нового со старым, как отрицание новым старого на пути движения вперед, и в узком смысле – как отрицание человеком в результате своей нерациональной деятельности в природе самого себя, смысла своего существования в будущем. Человек, развивая хозяйство без соблюдения экологических интересов, отрицает свое существование, отрицает самого себя.

Социоприродные законы. Важной задачей современной экологии является установление качественно новых типов законов, которые отражали бы взаимосвязь общества, техники и природы в масштабах единой системы – социоприродных законов. Они могут быть подразделены на законы *экопрогресса*, игнорирование которых ведет к разрушению биосферы и гибели человечества, и *экопрогресса*, способствующие, напротив, поддержанию устойчивости геосистем.

Примером первых законов служит закон развития природной системы за счет окружающей среды: любая природная система развивается только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды. Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

Данный закон имеет большое теоретическое и практическое значение благодаря основным следствиям, вытекающим из него:

1. Абсолютно безотходное производство невозможно, так как оно было бы равнозначно созданию «вечного двигателя». Представление о том, что биосфера «работает» по принципу безотходности также следует признать ошибочным, поскольку в ней всегда накапливаются выбывающие из биологического круговорота вещества, формирующие осадочные породы.

2. Любая высокоорганизованная биотическая система, которая использует и видоизменяет среду жизни, представляет потенциальную угрозу

для более низкоорганизованных систем. Отсюда следует принципиальной важности вывод: в земной биосфере повторное зарождение высокоорганизованной жизни вряд ли возможно – она будет уничтожена существующими низшими организмами.

3. Биосфера Земли как система развивается не только за счет ресурсов планеты, но опосредованно за счет и под управлением космических систем (естественно, прежде всего Солнца).

Весьма полезно знать и *принцип неполноты информации* (принцип неопределенности): при проведении акций (особенно крупномасштабных) по преобразованию природы имеющаяся информация всегда недостаточна для априорного (независимого от опыта) суждения о всех возможных последствиях (особенно в далекой перспективе) осуществляемого мероприятия.

Данный принцип обусловлен чрезвычайной сложностью природных систем, их уникальностью и неизбежностью формирования ответных природных цепных реакций, направление которых весьма трудно предсказать. Поэтому с целью уменьшения степени неопределенности необходимо дополнять математическое моделирование исследованиями в природных условиях, натурными экспериментами и выяснением естественной динамики природных процессов. Такой подход особенно важен при экспертизе крупных проектов преобразования природных систем, которые затрагивают интересы населения различных регионов, а также основы жизнедеятельности многих видов растений и животных.

К законам *экопрогресса* можно отнести правило «мягкого» управления природой: «мягкое» (опосредованное, направляющее, восстанавливающее экологический баланс) управление природными процессами способно вызывать желательные (положительные) цепные реакции и потому социально - экономически предпочтительнее «жесткого» техногенного.

В качестве примера можно сопоставить две формы ведения лесного хозяйства – сплошную вырубку деревьев («жесткое» управление) и выборочную рубку («мягкое» управление). Первая, несомненно, экономически более приемлема, так как при этом в один прием забирается вся древесина. Однако следует учитывать возникающую цепь экологических ущербов, требующих в дальнейшем больших затрат на их ликвидацию. Напротив, при выборочных рубках управление восстановлением леса облегчается из-за сохранения лесной среды, а это в свою очередь, приводит к тому, что повышенные начальные затраты постепенно окупаются в результате предотвращения экологического ущерба. Ныне признается, что различные формы мелиорации земли, без которой невозможно снабжение продовольствием растущего населения планеты, должны быть основаны только на «мягком» управлении природой.

Американский эколог Б. Коммонер, обобщив положения биоэкологии и изучив опыт человечества в области природопреобразующей деятельности, сформулировал ряд социально-экологических законов (афоризмов) выделив из них 4 основных:

1. Всё связано со всем.
2. Все должно куда-то деваться.
3. Природа знает лучше.
4. Ничто не даётся даром.

Очевидно, что вышеприведенные законы не охватывают все стороны взаимодействия общества и природы. Тем не менее, будучи простыми, по форме, но глубокими по содержанию, они закладывают основу нравственного отношения к природе. Осознание катастрофичности сложившегося типа экономического развития, конечности природных ресурсов и взаимозависимости всех эколого-экономических процессов на нашей небольшой планете явилось причиной начала разработки концепций мирового развития. Особенно активно эти разработки начались в развитых странах Запада, где уже в 70-е годы XX века развитие производства стало наталкиваться на ограниченность природных ресурсов.

К сожалению, путь развития, по которому сейчас идет все современное человечество, не в состоянии обеспечить экологическую устойчивость. Это было осознано на Всемирном саммите по устойчивому развитию (ВСУР) в г. **Йоханнесбурге в августе-сентябре 2002 г.**, подтвердившем необходимость перехода к устойчивому развитию. Этот вывод конкретизировался в официальных документах ВСУР: «Йоханнесбургской декларации по устойчивому развитию» и «Плане осуществления (выполнения) решений на высшем уровне».

Из официальных документов ВСУР следует, что практическую реализацию перехода к устойчивому развитию всего человечества предполагалось начать с 2005 г. Именно к этому времени государства, входящие в ООН, должны были подготовиться в концептуально-стратегическом и организационно-управленческом плане к реализации новой цивилизационной парадигмы, т. е. создать концепции, планы действий, стратегии, программы, органы (службы, советы и т. п.) для того, чтобы реализовать новый для мирового сообщества курс социально-экономического развития. А десятилетие (2005–2015 годы) стало бы, по решению ВСУР, декадой начала перехода к обществу устойчивого развития. Обозначены в Плане ВСУР и ряд других сроков, например, к 2015 г. предполагалось уменьшить вдвое число людей планеты, не имеющих необходимых санитарных условий и доступа к чистой питьевой воде, восстановить устойчивое рыболовство, снизить темпы потери биоразнообразия и т.д.

Весь мир стоит на пороге не менее, а, может быть, и более фундаментальной – третьей (после аграрно-культурной и индустриальной) цивилизационной революции. Стратегия устойчивого развития не может быть выработана, исходя из традиционных общечеловеческих представлений и ценностей, стереотипов мышления. Она требует разработки новых научных и мировоззренческих подходов, соответствующих не только современным реалиям, но и предлагаемым перспективам развития системы «общество – природа».

Следует отметить, что многие известные ученые скептически относятся как к идее, так и стратегии устойчивого развития. Так, согласно мнению академика РАН Н.Н. Моисеева, не может быть чисто технологического пути преодоления экологических кризисов. Прежде всего должна быть изменена шкала человеческих ценностей и даже сам процесс развития человечества, которое ныне идет по пути потребления. Процесс глобализации, происходящий в мире под фактическим управлением США, только усиливает экологический кризис, постепенно переходящий в кризис цивилизации, углубляет пропасть между богатыми и бедными странами. Другие ученые, считая концепцию устойчивого развития опасным заблуждением, своего рода успокоительной пилюлей для встревоженной общественности, тем не менее полагают, что накопленный интеллектуальный капитал может остановить разрушение природы. Для этого должен неукоснительно выполняться принцип динамично сбалансированного развития триады «экономика – природа – общество». Кто прав – покажет будущее.

В достаточно полном виде понятие безотходная технология сформулировано на Общевропейском совещании по сотрудничеству в области охраны окружающей среды (Женева, 1979 г.). На совещании принята специальная «Декларация о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов», в которой говорится, что «безотходная технология есть практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и защитить окружающую среду».

На семинаре Европейской экономической комиссии по малоотходной технологии (Ташкент, 1984 г.) дано более конкретное определение: «Безотходная технология – это такой способ производства продукции (процесс, предприятие, территориально-производственный комплекс), при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования».

Под малоотходным понимается «...такой способ производства продукции (процесс, предприятие, территориально-производственный комплекс), при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами; при этом по техническим, организационным, экономическим или другим причинам часть сырья и материалов переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение».

В настоящее время, особенно за рубежом, часто применяется термин чистое производство как «...производство, которое характеризуется непрерывным и полным применением к процессам и продуктам природоохранной стратегии, предотвращающей загрязнение окружающей среды таким образом, чтобы понизить риск для человечества и окружающей среды». Применительно к процессам – это рациональное использование сырья и энергии,

исключение применения токсичных сырьевых материалов, уменьшение количества и степени токсичности всех выбросов и отходов, образующихся в процессе производства. С точки зрения продукции чистое производство означает уменьшение ее воздействия на окружающую среду в течение всего жизненного цикла (продукта) от добычи сырья до утилизации (или обезвреживания) после использования. В рыночных условиях реализация безотходных производств обусловлена развитием и применением в основном экономических методов стимулирования, связанных с налоговыми льготами.

2.2 Общая характеристика загрязнений окружающей среды

Научно-технический прогресс (НТП), следствием которого стало быстрое развитие многих стран мира в XX–XXI веках, принес людям не только блага, но и сопровождался негативными явлениями, такими как:

- загрязнение атмосферы;
- загрязнение водных объектов;
- загрязнение и нарушение почвенного покрова и ландшафтов;
- истощение водных и лесных ресурсов;
- уменьшение численности животных.

Экологический кризис осложняется дальнейшим ростом численности народонаселения планеты и неконтролируемой урбанизацией.

Загрязнение – привнесение в какую-либо среду новых, не характерных для нее в рассматриваемое время физических, химических и биологических агентов или превышение естественного среднестатистического уровня этих агентов в среде.

Также под загрязнением окружающей среды понимается введение в неё любых: твёрдых, жидких, газообразных веществ, а также физическое воздействие на неё приводящее отклонению в состоянии здоровья людей.

Атмосфера загрязняется промышленными выбросами, содержащими оксиды серы, азота, углерода, углеводороды, частицы пыли.

В водные объекты попадают нефть и нефтепродукты, вещества органического и минерального происхождения.

В почвенный покров – шлаки, зола, промышленные отходы, кислоты, соединения тяжелых металлов.

Множество разработанных технологических процессов привело к росту числа токсических веществ, поступающих в окружающую среду. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу и водные объекты достигли таких размеров, что в ряде регионов земного шара уровни загрязнений значительно превышают допустимые санитарные нормы. Это приводит особенно среди городского населения к увеличению количества людей, болеющих хроническим бронхитом, астмой, аллергией, ишемией, раком (рисунок 2.1).

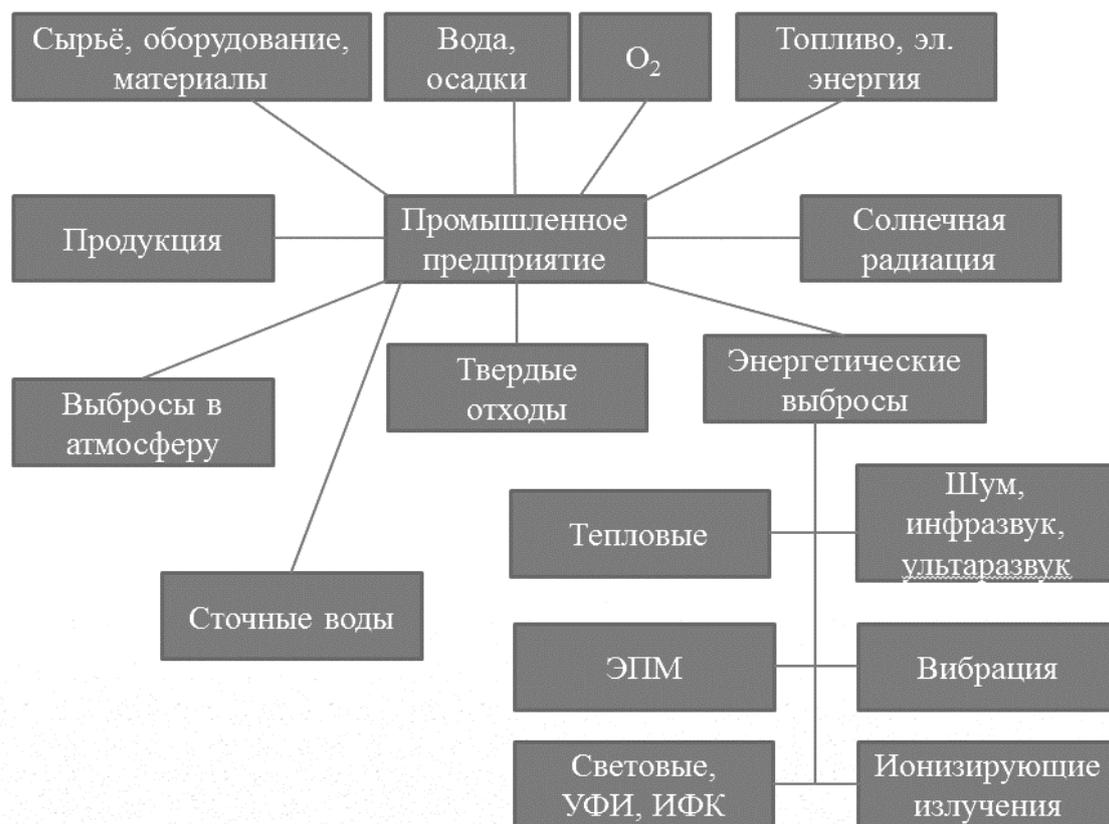


Рисунок 2.1 – Взаимодействие промышленных предприятий с окружающей средой

Современный город является источником загрязнения окружающей среды (рисунок 2.2).

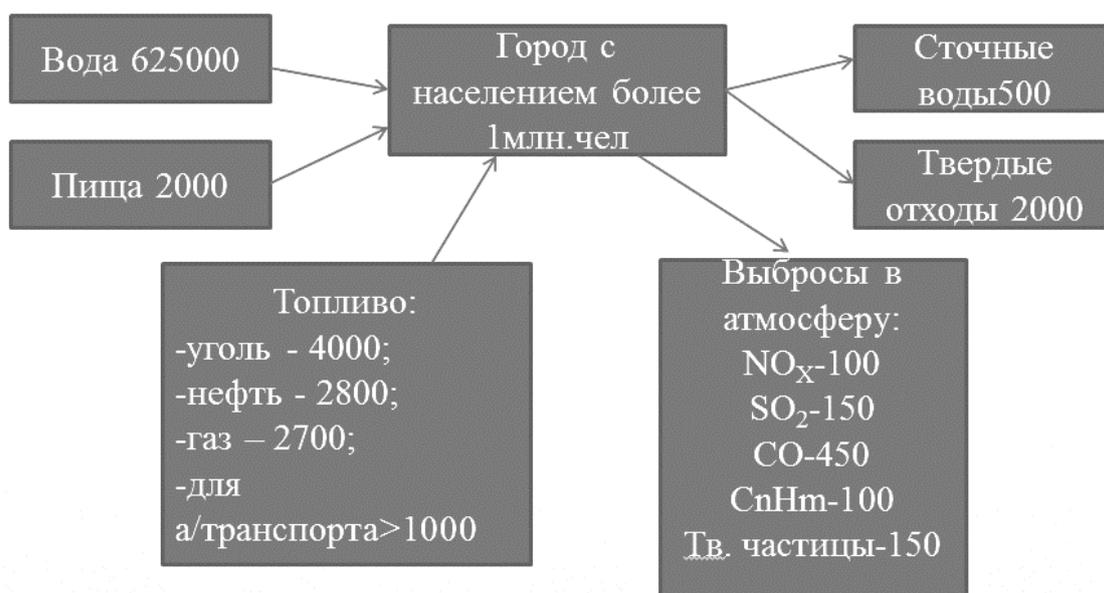


Рисунок 2.2 – Массообмен современного промышленного производства (тонн/сутки)

Основные виды загрязнений классифицируют сами источники загрязнения окружающей среды:

- биологическое;
- химическое
- физическое;
- механическое.

В первом случае загрязнители окружающей среды – это деятельность живых организмов или антропогенные факторы. Во втором случае происходит изменение естественного химического состава загрязненной сферы путем добавления в него других химических веществ. В третьем случае меняются физические характеристики окружающей среды. К этим видам загрязнений относятся тепловое, радиационное, шумовое и другие виды излучений. Последний вид загрязнения также связан с деятельностью человека и выбросами отходов в биосферу.

Все виды загрязнений могут присутствовать как отдельно сами по себе, так и перетекать из одного в другой или существовать вместе. Рассмотрим, как они влияют на отдельно взятые области биосферы.

2.3 Загрязнение атмосферы

Атмосфера всегда содержит определенное количество примесей, поступающих от естественных и антропогенных источников.

Атмосферный воздух – компонент природной среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений, сформировавшуюся в ходе эволюции Земли.

Атмосфера в виде газообразной оболочки Земли имеет большую ценность, поскольку защищает планету от космической радиации, воздействует на рельеф, определяет климат Земли и ее тепловой фон. Нельзя сказать, что состав атмосферы был однородным и только с появлением человека начал меняться. Но именно после начала активной деятельности людей неоднородный состав «обогатился» опасными примесями.

Основными загрязнителями выступают химические заводы, топливно-энергетический комплекс, сельское хозяйство и автомобили. Они приводят к появлению в составе воздуха меди, ртути, свинца и других металлов. Разумеется, в промышленных зонах загрязнение воздуха чувствуется больше всего.

Теплоэлектростанции несут в наши дома свет и тепло, однако, параллельно они выбрасывают огромное количество углекислого газа, пыль и сажу в атмосферу. Причиной кислотных дождей являются отходы, выбрасываемые с химических заводов, например, оксид серы или азота. Эти оксиды могут вступать в реакцию с другими элементами биосферы, что способствует появлению более губительных соединений.

Современные автомобили достаточно хороши по дизайну и техническим характеристикам, но проблему с выбросом токсинов от выхлопа в атмосферу решить до сих пор не удалось. Зола и продукты переработки топлива не только портят атмосферу городов, но и оседают на почве и приводят к ее негодности.

Во многих индустриальных и промышленных районах использование бризера (приточная вентиляция с очисткой воздуха) стало неотъемлемой частью жизни именно по причине загрязнения окружающей среды заводами и транспортом.

Под **источником загрязнения атмосферы** понимают объект, от которого загрязняющие вещества поступают в атмосферу.

Загрязнение атмосферного воздуха – поступление в атмосферный воздух, нахождение в нем в результате вредного воздействия на окружающую среду загрязняющих веществ, свойства, местоположение или количество которых приводят к изменениям качества атмосферного воздуха.

Таким образом, изменение состава атмосферы происходит в результате попадания в нее примесей. **Примесь в атмосфере** – это рассеянное в атмосфере вещество, не содержащееся в ее постоянном составе.

Загрязняющее воздух вещество – это примесь в атмосфере, оказывающая неблагоприятное воздействие на окружающую среду и здоровье населения. Так как примеси в атмосфере могут претерпевать различные превращения, их можно условно разделить на первичные и вторичные.

Первичная примесь в атмосфере – примесь, сохранившая за рассматриваемый интервал времени свои физические и химические свойства.

Превращение примесей в атмосфере – процесс, при котором примеси в атмосфере подвергаются физическим и химическим изменениям под влияние природных и антропогенных факторов, а также в результате взаимодействия между собой.

Вторичная примесь в атмосфере – это примесь в атмосфере, образовавшаяся в результате превращения первичных примесей.

По воздействию на организм человека загрязнение атмосферы подразделяют на физическое и химическое. К *физическому* относят: радиоактивное излучение, тепловое воздействие, шум, низкочастотные вибрации, электромагнитные поля. К *химическому* – наличие химических веществ и их соединений.

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ характеризуются по 4 признакам: агрегатному состоянию, химическому составу, размеру частиц, массовому расходу выброшенного вещества.

Загрязняющие вещества выбрасываются в атмосферу в виде смеси: пыли, дыма, тумана, пара и газообразных веществ.

Источники загрязнения воздуха подразделяются на **источники выбросов и источники выделения**.

Источники выбросов – технологическое и иное оборудование, технологические процессы, машины, механизмы, от которых осуществляется

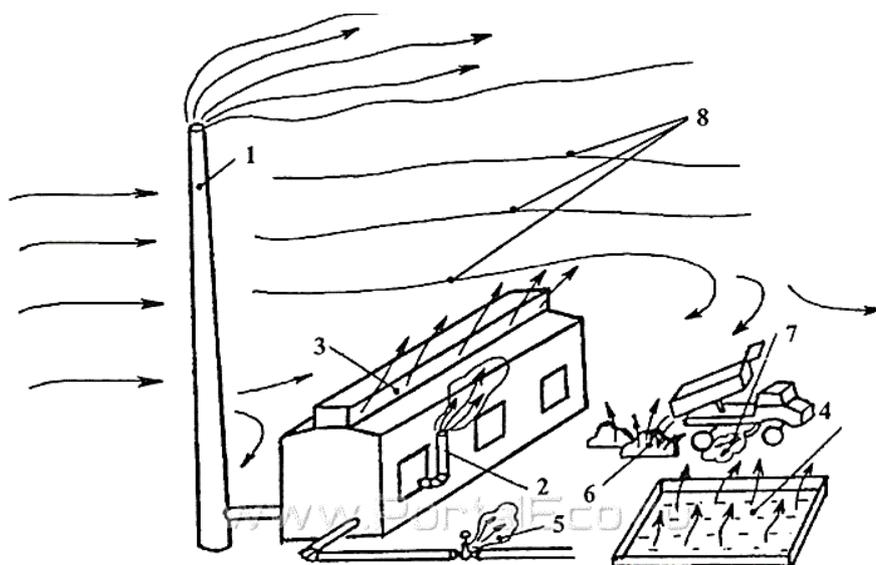
выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух (трубы, вентиляционные шахты, дыхательные клапаны резервуаров).

Источники выделения – технологическое и иное оборудование, машины, механизмы, в которых происходит образование и от которых происходит выделение загрязняющих веществ, либо технологические процессы, при осуществлении которых происходит образование и выделение загрязняющих веществ (технологические установки, агрегаты, аппараты, очистные сооружения).

Источники выбросов в атмосферу подразделяются на **естественные**, обусловленные природными процессами; **антропогенные** (техногенные), являющиеся результатом деятельности человека.

Естественные источники загрязнения атмосферного воздуха: пыльные бури, массивы зеленых насаждений в период цветения, степь и лесные пожары, извержения вулканов. Примеси, выделяемые естественными источниками: пыль растительного, вулканического, космического происхождения, продукты эрозии почвы, частицы морской соли, туманы, дым и газы от лесных и степных пожаров, газы вулканического происхождения, продукты растительного, животного и бактериального происхождения.

Естественные источники обычно бывают площадными (распределенными) и действуют сравнительно кратковременно. Уровень загрязнения атмосферы естественными источниками является фоновым и мало изменяется с течением времени. **Антропогенные (техногенные)** источники загрязнения атмосферного воздуха, представленные главным образом выбросами промышленных предприятий и автотранспорта, отличаются многочисленностью и многообразием видов (рисунок 2.3).



- 1 – высокая дымовая труба; 2 – низкая дымовая труба; 3 – аэрационный фонарь цеха;
4 – испарения с поверхности бассейна; 5 – утечки через неплотности оборудования;
6 – пыление при разгрузке сыпучих материалов; 7 – выхлопная труба автомобиля;
8 – направление движения потоков воздуха.

Рисунок 2.3 – Источники загрязнения атмосферы

Источники выбросов промышленных предприятий бывают **стационарными** (источник 1–6), когда координата источника выброса не изменяется во времени, и **передвижными** (нестационарными, мобильными) (источник 7 – автотранспорт).

Точечные источники (1, 2, 5, 7) – это загрязнения, сосредоточенные в одном месте. К ним относятся дымовые трубы, вентиляционные шахты, крышные вентиляторы.

Линейные источники (3) – имеют значительную протяженность. Это аэрационные фонари, ряды открытых окон, близко расположенные крышные вентиляторы. К ним могут быть также отнесены автотрассы.

Площадные источники (4, 6). Здесь удаляемые загрязнения рассредоточены по плоскости промышленной площадки предприятия. К площадным источникам относятся места складирования производственных и бытовых отходов, автостоянки, склады горюче-смазочных материалов.

Из **организованного источника** (1, 2, 7) загрязняющие вещества поступают в атмосферу через специально сооруженные газоходы, воздухоходы и трубы.

Неорганизованные источники выделения загрязняющих веществ (5, 6) образуются в результате нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу пыли и газов, в местах загрузки, выгрузки или хранения продукта. К неорганизованным источникам относят автостоянки, склады горюче-смазочных или сыпучих материалов и другие площадные источники.

Мобильные источники – транспортные средства и самоходные машины, оснащенные двигателями, эксплуатация которых влечет за собой выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

В зависимости от характера выбросов промышленные производства делятся на 4 типа:

- 1) производства с условно чистыми вентиляционными выбросами и концентрацией вредных веществ не превышающей ПДК в рабочей зоне;
- 2) производства с выбросами неприятнопахнущих веществ;
- 3) производства выбросами значительных количеств газов, содержащих нетоксичные или инертные вещества (в том числе с превышением ПДК);
- 4) производства со значительным количеством выбросов токсичных, раздражающих, sensibilizing, канцерогенных, мутагенных веществ, загрязняющих атмосферу, а также влияющих на репродуктивную функцию организма.

Атмосферные загрязнители подразделяются на первичные и вторичные. Первичные – поступающие непосредственно в атмосферу, вторичные – результат их превращений. Пример: диоксид серы окисляется кислородом воздуха до триоксида серы, который взаимодействуя с парами воды образует капельки серной кислоты. Также при оценке загрязнения атмосферы учитывают период пребывания загрязняющих веществ в ней. Одновременно

в атмосферу попадает не одно загрязняющее вещество, а много, и второй момент, попадают вещества сходные по воздействию на живые организмы, т.е. обладают эффектом суммации.

2.3.1 Классификация выбросов загрязняющих атмосферу веществ

По способу образования:

– *технологические* – выделение вредных веществ из технологического оборудования вследствие его негерметичности, при продувке аппаратов и т.д., характеризующиеся сравнительно высокой концентрацией;

– *вентиляционные* – выбросы вредных веществ от естественной и механической (принудительной) общеобменной вентиляции (концентрация может быть меньше ПДК);

– *аспирационные* – выбросы в атмосферу от всех видов местной вентиляции (местный отсос, промышленный пылесос – по составу близки к технологическим).

По высоте источника (в зависимости от высоты устья трубы (Н) над уровнем земли):

- высокие $H \geq 50$ м;
- средние $10 \leq H \leq 50$ м;
- низкие $2 \leq H \leq 10$ м;
- наземные $H \leq 2$ м.

По температуре:

- сильно нагретые $\Delta t = t_{\text{выб}} - t_{\text{окр.ср.}} \geq 100$ °С;
- нагретые (20–100 °С);
- слабонагретые (5–20 °С);
- изотермические (0 °С);
- охлажденные ($\Delta t \leq 0$ °С).

По режиму работы источников выбросов:

- постоянные;
- меняющиеся по определенному закону времени;
- периодические;
- залповые.

По агрегатному состоянию, содержащихся в них примесей:

– газообразные и парообразные (углеводороды и фенолы, угарный и углекислый газ, сернистый газ, аммиак, сероводородная кислота);

– жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей, растворы жидких металлов и их соединений, органические соединения);

– твердые (органические и неорганические пыли, сажа, смолистые вещества, свинец и его соединения);

– смешанные (различные комбинации газообразных, жидких и твердых веществ).

По химическому составу: загрязняющие вещества в зависимости от химического состава делятся на 28 групп. Пример: металлы и их соединения, углеводороды, предельные простые эфиры, углеводороды непредельные, органические кислоты, альдегиды, пыль и др.

По качественному анализу вредных веществ:

– летучие органические соединения (ЛОС) – вступают в фотохимические реакции в атмосфере с образованием озона и других окислителей (бутен, стирол, толуол, гексан, пентан, циклогексан, бензол, дихлорэтан);

– промышленные пыли:

* механическая – образуется в результате измельчения материалов в ходе технологического процесса;

* возгоны – пыль, образующаяся при объемной конденсации паров веществ при охлаждении газа;

* летучая зола – пыль в виде несгораемого остатка топлива, образующаяся из его минеральных примесей при горении, содержащаяся в дымовых газах во взвешенном состоянии;

* промышленная сажа – пыль в виде твердого высокодисперсного углерода, образующаяся при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов, входящая в состав промышленного выброса.

2.4 Загрязнение гидросферы

Гидросфера – водная среда, которая включает поверхностные и подземные воды. Поверхностные воды в основном сосредоточены в Мировом океане, содержащем около 91% всей воды на Земле. Поверхность океана (акватория) составляет примерно 361 млн. км². Количество пресной воды составляет 6% общего объема воды на Земле, причем малая ее доля (всего 0,36%) имеется в легкодоступных для добычи местах.

В настоящее время человечество использует 3,8 тыс. км³ воды ежегодно, причем можно увеличить потребление максимум до 12 тыс. км³. При нынешних темпах роста воды этого хватит на ближайшие 25-30 лет. Выкачивание грунтовых вод приводит к оседанию почвы и зданий (в Мехико и Бангкоке) и понижению уровней подземных вод на десятки метров (в Маниле).

В развитых странах на каждого жителя приходится 200-300 литров воды в сутки, в городах 400-500 литров. В то же время 60% суши не имеет достаточного количества пресной воды. Четверть человечества (примерно 1,5 млн. человека) ощущает ее недостаток, а еще 500 млн. страдают от недостатка и плохого качества питьевой воды, что приводит к кишечным заболеваниям.

Основные виды загрязнения гидросферы:

– загрязнение нефтью и нефтепродуктами приводит к появлению нефтяных пятен, что затрудняет процессы фотосинтеза в воде из-за прекращения доступа солнечных лучей, а также вызывает гибель растений и животных. Каждая тонна нефти создает нефтяную пленку на площади до 12 км². Восстановление пораженных экосистем занимает 10–15 лет.

– загрязнение сточными водами в результате промышленного производства, минеральными и органическими удобрениями в результате сельскохозяйственного производства, а также коммунально-бытовыми стоками ведет к эвтрофикации водоемов – обогащению их питательными веществами, приводящему к чрезмерному развитию водорослей, и к гибели других водных экосистем с непроточной водой (озер, прудов), а иногда к заболачиванию местности.

– загрязнение ионами тяжелых металлов нарушает жизнедеятельность водных организмов и человека.

– кислотные дожди приводят к закислению водоемов и к гибели экосистем.

– радиоактивное загрязнение связано со сбросом в водоемы и к гибели экосистем.

– тепловое загрязнение вызывает сброс в водоемы подогретых вод ТЭС и АЭС, что приводит к массовому развитию сине-зеленых водорослей, так называемому цветению воды, уменьшению количества кислорода и отрицательно влияет на флору и фауну водоема.

– механическое загрязнение повышает содержание механических примесей.

– бактериальное и биологическое загрязнение связано с разными патогенными организмами, грибами и водорослями.

Источник загрязнения гидросферы – это объект, оборудование или элемент процесса, вносящий в поверхностные или подземные воды загрязняющие вещества, биологически вредные вещества, теплоту.

Основные источники загрязнения поверхностных вод:

- предприятия химической и нефтехимической промышленности;
- предприятия деревообрабатывающей или целлюлозно-бумажной промышленности;
- предприятия черной и цветной металлургии;
- бытовые и сточные воды;
- суда.

Загрязняющее вещество – вещество, вызывающее нарушение норм качества воды (установленные значения показателей воды (по видам пользования)).

Микробное загрязнение вод происходит в результате поступления в водоемы патогенных микроорганизмов. *Тепловое загрязнение* вод происходит в результате поступления нагретых вод в водоемы.

Загрязняющие вещества можно разделить на несколько групп.

По физическому состоянию (нерастворимые, коллоидные, растворимые примеси).

По качественному составу:

- минеральные (песок, глина, частицы руды, шлаки, растворы кислот, щелочей);

- органические (растительные остатки – растений, плодов, овощей, злаков, животного происхождения – физиологические выделения людей и животных, остатки тканей людей и животных);
- бактериологические и биологические (свойственны главным образом бытовым стокам).

Бытовые сточные воды включают воду кухонь, туалетных комнат, душевых, бань, прачечных, столовых, больниц, которые поступают от жилых и общественных зданий, бытовых помещений промышленных предприятий. В бытовых сточных водах органические вещества составляют 58%, а минеральные – 42%.

Производство и широкое применение синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ), особенно в составе моющих средств, обусловило поступление их со сточными водами во многие водоемы, в том числе в источники хозяйственного и питьевого водоснабжения.

На ряду с ПАВ широко распространенными химическими загрязнителями водоемов являются пестициды, которые поступают в водоемы с дождевыми и тальными водами (поверхностный сток), смывающими их с растений и почвы.

Под загрязнением подземных вод понимается вызванные техногенной деятельностью изменения качества воды (физических, химических, биологических свойств) по сравнению с естественным состоянием и нормами качества воды по видам водопользования, которые делают эту воду частично или полностью непригодной для использования по целевому назначению.

В общем виде источники загрязнения подземных вод классифицируются *по происхождению и виду загрязняющих веществ, по условиям поступления загрязнений в водоносный горизонт, по масштабу загрязнения.*

По происхождению выделяют природные и техногенные источники загрязнения подземных вод, при преобладающей роли последних, особенно при формировании областей интенсивного загрязнения.

- К природным источникам загрязнения ПВ могут быть отнесены естественно некондиционные ПВ (водоносные горизонты, моря, океаны, соленые озера и реки), содержащие некоторые химические вещества в количествах, не соответствующих нормам, предъявляемым к качеству питьевых вод.

- Источники антропогенного происхождения, можно объединить в несколько групп:

- промышленные источники загрязнения – предприятия отраслей промышленности, деятельность которых не связана с недрами земли;
- промышленные источники загрязнения, деятельность которых связана с добычей полезных ископаемых;
- источники загрязнения в областях сельскохозяйственной деятельности;
- источники загрязнения от деятельности энергетического комплекса;
- источники загрязнения от деятельности транспорта;
- коммунально-бытовые источники загрязнения.

По масштабу выделяют локальное (точечное) и региональное загрязнение подземных вод.

Локальное загрязнение подземных вод вызывается локальными, точечными (сосредоточенными) источниками загрязнения. Источники такого типа многообразны. К *точечным* источникам загрязнения могут быть отнесены отдельные сооружения, занимаемые небольшую площадь на поверхности земли: земляные емкости, содержащие сточные воды, шламо- и хвостохранилища, гидрозолоотвалы, пруды накопители, отстойники, испарители, поля фильтрации промстоков, могильники хранения радиоактивных отходов, отдельные скважины и факелы на нефтяных и газовых месторождениях, нефтезаправочные станции, свалки, животноводческие фермы, поглощающие скважины, карьеры и др.

Региональное загрязнение ПВ вызывается региональными, диффузными (рассредоточенными) источниками загрязнения, имеющими большую площадь распространения по поверхности земли. Источниками регионального загрязнения являются урбанизированные территории с большой концентрацией городов, промышленных предприятий; крупные мегаполисы; территории интенсивного сельскохозяйственного производства; объекты мелиорации; объекты энергетики и транспорта; нефтяные и газовые месторождения; горнорудные предприятия и др.

Кроме этого, выделяются **линейные источники загрязнения** ПВ. К линейным источникам загрязнения относятся загрязненные реки, автомагистрали, нефтепроводы, коллекторы промышленной и коммунальной канализации. В зависимости от протяженности источников загрязнения определяется и масштаб их воздействия на ПВ: локальный и региональный.

По виду выделяют *химическое, бактериальное (микробное), тепловое и радиоактивное загрязнение подземных вод*.

Химическое загрязнение подземных вод является наиболее распространенным и трудноустраняемым. Оно проявляется в наличии (появлении) в подземных водах минеральных и органических веществ, отсутствующих в естественных условиях, или в увеличении концентрации ранее имевшихся компонентов химического состава до значений, резко превышающих их содержание в естественных условиях. Формирование химического загрязнения подземных вод связано в основном с газообразными, жидкими и твердыми отходами промышленного производства, сельскохозяйственной деятельностью, канализационно-бытовыми отходами городов и населенных пунктов. Наиболее распространенными являются нефтяное, хлоридное, нитратное и загрязнение тяжелыми металлами.

Под бактериальным или микробным загрязнением подземных вод понимается увеличение содержания в них по сравнению с естественным состоянием патогенных (вызывающих инфекционные заболевания) и санитарно-показательных (бактерии группы кишечной палочки) микроорганизмов. Большинство болезнетворных (патогенных) бактерий, по имеющимся

оценкам, в условиях водоносных пластов сохраняют свою жизнедеятельность относительно короткое время (максимально до 1000 суток), поэтому бактериальное загрязнение не распространяется на значительные расстояния и носит временный характер. Такой вид загрязнения связан с коммунально-бытовыми и сельскохозяйственными отходами и, как правило, наиболее интенсивно проявляется в первом от поверхности (грунтовом) водоносном горизонте. Очаги загрязнения чаще всего связаны с полями ассенизации и фильтрации, скотными дворами, выгребными ямами, неисправностями канализационных, участками сброса канализационных стоков в поверхностные воды или закачки их в поглощающие колодцы и скважины и т.д.

Тепловое (термальное) загрязнение подземных вод проявляется обычно в повышении температуры подземных вод в сравнении с ее значениями в естественных условиях и формируется в результате сброса на поверхность земли перегретых промышленных (например, тепловые электростанции) и коммунальных сточных вод. В ряде случаев повышения температуры грунтовых вод могут быть связаны также с самовозгоранием или химическим разложением твердых промышленных и бытовых отходов в местах их складирования. В свою очередь тепловое загрязнение подземных вод определяет изменения их химического и газового состава, микробиологической деятельности, деградацию многолетнемерзлых пород и т.д.

Радиоактивное загрязнение подземных вод происходит вследствие поступления в атмосферу и на поверхность земли радиоактивных элементов и зависит от скорости распада элемента, наличия почвенного слоя и покровных грунтов, задерживающих сорбирующиеся и короткоживущие элементы.

Под защищенностью подземных вод от загрязнения понимается проницаемость водоносного горизонта отложениями и, прежде всего слабопроницаемыми, препятствующими проникновению в него загрязняющих веществ с поверхности земли. Общая оценка степени защищенности подземных вод основывается на учёте так называемых факторов защищенности, под которыми понимаются природные барьеры, затрудняющие попадание в подземные воды поллютантов. Факторы защищенности разделяют на: природные, техногенные, физико-химические.

В целях предотвращения загрязнения ПВ согласно СанПиН 10-113 РБ 99 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого водоснабжения» в окрестностях водозаборов подземных вод устанавливаются зоны санитарной охраны (ЗСО), в составе которых обычно выделяют три пояса (зоны): I – строго режима и II и III – зоны ограниченного режима.

Первый пояс строгого санитарного режима охватывает собственно водозаборный участок (само водозаборное сооружение, насосные станции, резервные емкости для воды и т.д.). Этот относительно ограниченный участок представляет собой территорию, на которую запрещен доступ посторонних лиц. *Назначение первого пояса ЗСО* – устранение возможности

случайного загрязнения подземных вод непосредственно через водозаборные сооружения или нарушения нормальной работы водозаборного сооружения, водоподъемных устройств и сооружений для очистки и сбора воды. Границы I пояса располагаются не менее чем на 50 м от водозаборных сооружений при использовании безнапорных водоносных горизонтов и не менее чем на 30 м при использовании артезианских или межпластовых водоносных горизонтов. Территория первого пояса всегда ограждается, и на ее площади постоянно проводятся наблюдения за санитарным состоянием.

Вторая зона – санитарного контроля охватывает территорию, из пределов которой возможно (при его наличии) поступление бактериального загрязнения к водозабору. Положение «внешней» границы второй зоны определяется исходя из скорости фильтрации подземных вод, поступающих к водозабору, и времени, в течение которого болезнетворные микроорганизмы сохраняются в жизнедеятельном состоянии в пластовых условиях. В зависимости от типа месторождения это время принимается равным 500-1000 сут, что и определяет размеры второй санитарной зоны. В качестве защитных мер, которые должны предохранить подземные воды от бактериального загрязнения, в пределах второй зоны предусматривается ликвидация и устранение потенциальных источников такого загрязнения (животноводческие комплексы, скотомогильники, жилые строения без стационарной канализации, свалки бытовых отходов и др.). Охрана подземных вод от возможного бактериального загрязнения предусматривает осуществление в пределах второй зоны постоянного санитарного контроля за всеми видами хозяйственной деятельности.

Третья зона санитарной охраны включает всю территорию, из пределов которой (в течение расчетного срока эксплуатации) будет осуществляться приток подземных вод к водозаборному сооружению. В связи с этим она охватывает всю площадь месторождения до естественных границ или до расчетных границ, до которых будет распространяться влияние водоотбора. В пределах третьей зоны санитарной охраны (естественно также и во второй) опасность представляет наличие химического загрязнения подземных вод. Комплекс защитных мер в этом случае предусматривает ликвидацию очагов химического загрязнения, которые могут быть связаны с местами складирования производственных и коммунальных отходов, с фильтрацией из хранилищ жидких производственных отходов и шламонакопителей, с утечками из технологических сетей химических, металлургических, нефтеперерабатывающих и других предприятий, с площадями сельскохозяйственного производства с интенсивным использованием минеральных удобрений, пестицидов и ядохимикатов и др. Охранные мероприятия осуществляются путем проведения систематических режимных наблюдений за составом и качеством подземных вод на объектах хозяйственной деятельности, которые могут быть потенциальными источниками химического загрязнения подземных вод.

2.5 Загрязнение почвы

Почва – особое природное образование, обладающие рядом свойств, присущих живой и неживой природе, сформировавшееся в результате длительного преобразования поверхностных слоев литосферы под совместным взаимообусловленным взаимодействием гидросферы, атмосферы, живых и мертвых организмов.

Почвенный покров – важнейшее природное образование. Его роль в жизни общества определяется тем, что почва представляет собой источник продовольствия, обеспечивающий 95–97% продовольственных ресурсов для населения планеты.

Особое свойство почвенного покрова – его **плодородие**, под которым понимается совокупность свойств почвы, обеспечивающих урожай сельскохозяйственных культур. Естественное плодородие почвы связано с запасом питательных веществ в ней и ее водным, воздушным и тепловым режимами. Почва обеспечивает потребность растений в водном и азотном питании, являясь важнейшим агентом их фотосинтезирующей деятельности.

Площади земельных ресурсов мира составляет 129 млн км², или 86,5% площади суши. Под пашней и многолетними насаждениями в составе сельскохозяйственных угодий занято около 15 млн км² (10% суши), под сенокосами и пастбищами – 37,4 млн км² (25%). Общая площадь пахотнопригодных земель оценивается различными исследователями по-разному: от 25 до 32 млн км².

Земельные ресурсы планеты позволяют обеспечивать продуктами питания больше населения, чем имеется в настоящее время. Вместе с тем, в связи с ростом населения, особенно в развивающихся странах, деградацией почвенного покрова, загрязнения, эрозии и т.д.; а также вследствие отвода земель под застройку городов, поселков и промышленных предприятий количество пашни на душу населения резко сокращается.

Воздействие человека на почву – составная часть общего влияния человеческого общества на земную кору и ее верхний слой, на природу в целом. При этом не только усиливается взаимодействие человека с землей, но и меняются основные черты взаимодействия. Проблема «почва – человек» осложняется урбанизацией, все большим использованием земель, их ресурсов для индустриального и жилищного строительства, ростом потребностей в продуктах питания. По воле человека изменяется характер почвы, меняются факторы почвообразования – рельеф, микроклимат, появляются новые реки и т.д. Под влиянием промышленных и сельскохозяйственных загрязнений изменяются свойства почвы и почвообразовательные процессы, потенциальное плодородие, снижается технологическая и питательная ценность сельскохозяйственной продукции и т.д.

Основным показателем, характеризующим воздействие загрязняющих веществ на окружающую природную среду, являются предельно

допустимая концентрация (ПДК). С позиции экологии предельно допустимые концентрации конкретного вещества представляют собой верхние пределы лимитирующих факторов среды (в частности, химических соединений), при которых их содержание не выходит за допустимые границы экологической ниши человека.

В соответствии со степенью устойчивости против загрязняющих веществ выделяются почвы:

- очень устойчивые;
- устойчивые;
- среднеустойчивые;
- малоустойчивые;
- очень мало устойчивые.

По степени чувствительности к загрязняющим веществам почвы можно разделить следующим образом:

- очень чувствительные;
- чувствительные;
- среднечувствительные;
- малочувствительные;
- устойчивые.

Чувствительность, или устойчивость почв по отношению к загрязняющим веществам, целесообразно определять в соответствии с:

- 1) содержанием гумуса;
- 2) его качеством;
- 3) биологической активностью;
- 4) глубиной гумусового горизонта;
- 5) содержанием фракции $< 0,01$ мм и учетом содержания фракции $< 0,001$ мм (механический состав почвы);
- 6) глинистых минералов;
- 7) глубиной почвенного профиля.

Почвы загрязняются различными химическими веществами, пестицидами, отходами сельского хозяйства, промышленного производства и коммунально-бытовых предприятий.

Поступающие в почву химические соединения накапливаются и приводят к постепенному изменению химических и физических свойств почвы, снижают численность живых организмов, ухудшают ее плодородие.

Загрязнение почв и нарушение нормального круговорота веществ происходит в результате недозированного применения минеральных удобрений и пестицидов. В ряде отраслей сельского хозяйства пестициды применяют в больших количествах для защиты растений и борьбы с сорняками. Ежегодное их применение, часто по несколько раз в сезон, приводит к их накоплению в почве и ее отравлению.

Вместе с навозом и фекалиями в почву нередко попадают болезнетворные бактерии, яйца гельминтов и другие вредные организмы, которые через продукты питания попадают в организм человека.

Почву загрязняют нефтепродуктами при заправке машин на полях и в лесах, на лесосеках и т.д.

Наибольшей трансформацией подвергается самый верхний, поверхностный горизонт литосферы. Суша занимает 29,2% поверхности земного шара и включает земли различной категории, из которых важнейшее значение имеет плодородная почва. При неправильной эксплуатации почвы безвозвратно уничтожаются в результате эрозии, засоления, загрязнения промышленными и иными отходами. Под влиянием деятельности людей возникает ускоренная эрозия, когда почвы разрушаются в 100–1000 раз быстрее, чем в естественных условиях. В результате такой эрозии за последнее столетие утрачено 2 млрд. га плодородных земельных угодий, или 27% земель сельскохозяйственного использования.

Поступающие в почву химические соединения накапливаются и приводят к постепенному изменению химических и физических свойств почвы, снижают численность живых организмов, ухудшают ее плодородие.

Загрязнение почв связано с загрязнением атмосферы и воды. В почву попадают различные твердые и жидкие отходы промышленного производства, сельского хозяйства и коммунально-бытовых предприятий. Основными загрязняющими почву веществами являются металлы и их соединения, радиоактивные вещества, удобрения и пестициды.

2.5.1 Источники загрязнения почвы

Жилые дома и бытовые предприятия. В числе загрязняющих веществ преобладает бытовой мусор, пищевые отходы, фекалии, строительный мусор, отходы отопительных систем, пришедшие в негодность предметы домашнего обихода; мусор общественных учреждений – больниц, столовых, гостиниц, магазинов и др. Вместе с фекалиями в почву нередко попадают болезнетворные бактерии, яйца гельминтов и другие вредные организмы, которые через продукты питания попадают в организм человека. В фекальных остатках могут содержаться такие представители патогенной микрофлоры, как возбудители тифа, дизентерии, туберкулеза, полиомиелита и др. Быстрота гибели в почве разных микроорганизмов неодинакова. Некоторые болезнетворные бактерии могут длительное время сохраняться и даже размножаться в почве и грунте. К ним относятся возбудители столбняка (до 12! лет), газовой гангрены, сибирской язвы, ботулизма и некоторые другие микробы. Почва является одним из важных факторов передачи яиц гельминтов, определяя тем самым возможность распространения ряда гельминтозов. Некоторые гельминты – геогельминты (аскариды, власоглавы, анкилостомиды, стронгилиды, трихостронгилиды и др.) проходят одну из стадий своего развития в почве и могут длительное время сохранять жизнеспособность в ней. Так, например, яйца аскарид могут сохранять жизнеспособность в почве в условиях средней полосы России – до 7–8 лет, Средней Азии – до 15 лет; яйца власоглавы – от 1 до 3 лет.

Промышленные предприятия. В твердых и жидких промышленных отходах постоянно присутствуют те или иные вещества, способные оказывать токсическое воздействие на живые организмы и их сообщества. Например, в отходах металлургической промышленности обычно присутствуют соли цветных и тяжелых металлов. Машиностроительная промышленность выводит в окружающую среду цианиды, соединения мышьяка, бериллия. При производстве пластмасс и искусственных локонов образуются отходы бензола и фенола. Отходами целлюлозно-бумажной промышленности, как правило, являются фенолы, метанол, скипидар, кубовые остатки.

Теплоэнергетика. Помимо образования массы шлаков при сжигании каменного угля с теплоэнергетикой связано выделение в атмосферу сажи, несгоревших частиц, оксидов серы, в конце концов оказывающихся в почве.

Сельское хозяйство. Удобрения, ядохимикаты, применяемые в сельском и лесном хозяйстве для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. Загрязнение почв и нарушение нормального круговорота веществ происходит в результате недозированного применения минеральных удобрений и пестицидов. Пестициды, с одной стороны, спасают урожай, защищают сады, поля, леса от вредителей и болезней, уничтожают сорную растительность, освобождают человека от кровососущих насекомых и переносчиков опаснейших болезней (малярия, клещевой энцефалит и др.), с другой стороны – разрушают естественные экосистемы, являются причиной гибели многих полезных организмов, отрицательно влияют на здоровье людей. Пестициды обладают рядом свойств, усиливающих их отрицательное влияние на окружающую среду. Технология применения определяет прямое попадание на объекты окружающей среды, где они передаются по цепям питания, долгое время циркулируют по внешней среде, попадая из почвы в воду, из воды в планктон, затем в организм рыбы и человека или из воздуха и почвы в растения, организм травоядных животных и человека. Вместе с навозом в почву нередко попадают болезнетворные бактерии, яйца гельминтов и другие вредные организмы, которые через продукты питания попадают в организм человека.

Транспорт. При работе двигателей внутреннего сгорания интенсивно выделяются оксиды азота, свинец, углеводороды и другие вещества, оседающие на поверхности почвы или поглощаемые растениями. Каждый автомобиль выбрасывает в атмосферу в среднем в год 1 кг свинца в виде аэрозоля. Свинец выбрасывается в выхлопными газами автомобилей, осаждается на растениях, проникает в почву, где он может оставаться довольно долго, поскольку слабо растворяется. Наблюдается ярко выраженная тенденция к росту количества свинца в тканях растений. Это явление можно сопоставить со все увеличивающимся потреблением горючего, содержащего тетра-этил свинца. Люди, живущие в городе около магистралей с интенсивным движением, подвергаются риску аккумулировать в своем организме всего за несколько лет такое количество свинца, которое намного превышает

допустимые пределы. Свинец включается в различные клеточные ферменты, и в результате эти ферменты уже не могут выполнять предназначенные им в организме функции. В начале отравления отмечают повышенную активность и бессонницу, позднее утомляемость, депрессии. Более поздними симптомами отравления являются расстройства функции нервной системы и поражение головного мозга. Автотранспорт в Москве выбрасывает ежегодно 130 кг загрязняющих веществ на человека. Почву загрязняют нефтепродуктами при заправке машин на полях и в лесах, на лесосеках и т.д.

Самоочищение почв, как правило, - медленный процесс. Токсичные вещества накапливаются, что способствует постепенному изменению химического состава почв, нарушению единства геохимической среды и живых организмов. Из почвы токсические вещества могут попасть в организмы животных, людей и вызвать тяжелейшие болезни и смертельные исходы.

В почвах накапливаются соединения металлов, например, железа, ртути, свинца, меди и др. Ртуть поступает в почву с пестицидами и промышленными отходами. Суммарные неконтролируемые выбросы ртути составляют до 25 кг в год. О масштабах химического преобразования поверхности литосферы можно судить по следующим данным: за столетие (1870–1970) на земную поверхность осело свыше 20 млрд т шлаков, 3 млрд т золы. Выбросы цинка, сурьмы составили по 600 тыс. т, мышьяка – 1,5 млн т, кобальта – свыше 0,9 млн т, никеля – более 1 млн т.

2.6 Физические (энергетические) загрязнения

Физическое загрязнение – это привнесение в экосистему источников энергии (тепла, света, шума, вибрации и др.), проявляющееся в отклонении от нормы ее физических свойств.

Различают: радиоактивное, световое, тепловое, шумовое, электромагнитное, радиоактивное и другие виды загрязняющих факторов.

Тепловое загрязнение. Наиболее масштабное однократное употребление воды – производство электроэнергии, где она используется главным образом для охлаждения и конденсации пара, вырабатываемого турбинами тепловых электростанций. При этом вода нагревается в среднем на 7° С, после чего сбрасывается непосредственно в реки и озера, являясь основным источником дополнительного тепла, который называют «тепловым загрязнением».

Тепловое загрязнение, или термическое загрязнение, один из видов физического загрязнения, происходящего в результате повышения температуры среды за счет использования человеком энергии, главным образом при сжигании ископаемого топлива (90%).

Повышение температуры в водоемах пагубно влияет на жизнь водных организмов. В процессе эволюции холоднокровные обитатели водной среды приспособились к определенному интервалу температур. Для каждого вида

существует температурный оптимум, который на определенных стадиях жизненного цикла может несколько изменяться. В каких-то пределах эти организмы способны приспосабливаться к жизни при более высоких или более низких температурах. Если организм живет в условиях самых высоких значений присущего ему температурного интервала, он настолько к ним приспосабливается, что гибель его может наступать при температурах несколько более высоких, чем для организма, постоянно живущего в условиях более низких температур. Большая часть водных организмов быстрее приспосабливается к жизни в более теплой воде, нежели в более холодной. Однако способность к адаптации не имеет абсолютных максимальных или минимальных пределов и меняется в зависимости от вида.

В естественных условиях при медленных повышениях или понижениях температур рыбы и другие водные организмы постепенно приспосабливаются к изменениям температуры окружающей среды. Но если в результате сброса в реки и озера горячих стоков с промышленных предприятий быстро устанавливается новый температурный режим, то времени для акклиматизации не хватает, живые организмы получают тепловой шок и погибают.

Тепловой шок – это крайний результат теплового загрязнения. Результатом сброса в водоемы нагретых стоков могут быть и иные, более серьезные, последствия. Одним из них является влияние на процессы обмена веществ. Согласно закону Ван Хоффа, скорость химической реакции удваивается с увеличением температуры на каждые 10 °С. Поскольку температура тела холоднокровных организмов регулируется температурой окружающей водной среды, повышение температуры воды усиливает скорость обмена веществ у рыб и водных беспозвоночных. В свою очередь, это повышает их потребность в кислороде. В результате же возрастания температуры воды содержание в ней кислорода падает. Нехватка кислорода вызывает жестокий физиологический стресс и даже смерть.

В летнее время повышение температуры воды всего на несколько градусов может вызвать 100% гибель рыб и беспозвоночных, особенно тех, которые обитают у южных границ температурного интервала. Искусственное подогревание воды может существенно изменить и поведение рыб – вызвать несвоевременный нерест, нарушить миграцию. Если разрушающая сила электростанций превышает способность видов к самовосстановлению, популяция приходит в упадок.

Таким образом, повышение температуры воды способно нарушить структуру подводного растительного мира. Характерные для водоемов с холодной водой водоросли заменяются более теплолюбивыми и при возрастании температур постепенно ими вытесняются – вплоть до полного исчезновения.

Если тепловое загрязнение усугубляется поступлением в водоем органических и минеральных веществ (смыв удобрений с полей, навоза с ферм, бытовые стоки), происходит процесс эвтрофикации, т.е. резкого повышения

продуктивности водоема. Азот и фосфор, служа питанием для водорослей, в том числе микроскопических, позволяют последним резко усилить свой рост. Размножившись, они начинают закрывать друг другу свет, в результате чего происходит их массовое отмирание и гниение. Процесс сопровождается ускоренным потреблением кислорода: он может оказаться полностью исчерпанным, а это грозит гибелью всей экосистемы.

Кроме того, что электростанции способны изменять среду обитания водных организмов, они могут оказывать на них и физическое влияние. Соленая вода, используемая для охлаждения, оказывает значительное коррозирующее влияние на металлические поверхности и вызывает высвобождение ионов металлов, особенно меди, в воду. Ракушечные животные накапливают медь в таких количествах, что становятся опасными при использовании их в пищу.

Все перечисленные выше последствия теплового загрязнения водоемов наносят огромный вред природным экосистемам и приводят к пагубному изменению среды обитания человека. Ущерб в результате теплового загрязнения можно условно разделить на несколько направлений:

- экономический (потери вследствие снижения продуктивности водоемов, затрат на ликвидацию последствий от загрязнения);
- социальный (эстетический ущерб вследствие деградации ландшафтов);
- экологический (необратимые разрушения уникальных экосистем, исчезновение видов, генетический ущерб).

Шумовое загрязнение. Шумовое загрязнение – превышение естественного уровня шумового фона или ненормальное изменение звуковых характеристик: периодичности, силы звука и т.п. Шумовое загрязнение приводит к повышенной утомляемости человека и животных, понижению производительности труда, физическим и нервным заболеваниям.

Раздражающие шумы существуют и в природе (абиотические и биотические), однако считать загрязнением их неверно, поскольку живые организмы адаптировались к ним в процессе эволюции.

Главным источником шумового загрязнения являются транспортные средства – автомобили, железнодорожные поезда и самолёты.

В городах уровень шумового загрязнения в жилых районах может быть сильно увеличен за счёт неправильного городского планирования (например, расположение аэропорта в черте города).

Помимо транспорта (60÷80 % шумового загрязнения) другими важными источниками шумового загрязнения в городах являются промышленные предприятия, строительные и ремонтные работы, автомобильная сигнализация, собачий лай, шумные люди и т.д.

С наступлением постиндустриальной эпохи всё больше и больше источников шумового загрязнения (а также электромагнитного) появляется и внутри жилища человека. Источником этого шума является бытовая и офисная техника.

Более половины населения Западной Европы проживает в районах, где уровень шума составляет 55÷70 дБ.

Шум в определённых условиях может оказывать значительное влияние на здоровье и поведение человека. Шум может вызывать раздражение и агрессию, артериальную гипертензию (повышение артериального давления), тиннитус (шум в ушах), потерю слуха.

Хроническая подверженность шуму на уровне более 90 дБ может привести к потере слуха.

При шуме на уровне более 110 дБ у человека возникает звуковое опьянение, по субъективным ощущениям аналогичное алкогольному или наркотическому.

При шуме на уровне 145 дБ у человека происходит разрыв барабанных перепонок.

Женщины менее устойчивы к сильному шуму, чем мужчины. Кроме того, восприимчивость к шуму зависит также от возраста, темперамента, состояния здоровья, окружающих условий и т.д.

Дискомфорт вызывает не только шумовое загрязнение, но и полное отсутствие шума. Более того, звуки определённой силы повышают работоспособность и стимулируют процесс мышления (в особенности процесс счёта) и, наоборот, при полном отсутствии шумов человек теряет работоспособность и испытывает стресс. Наиболее оптимальными для человеческого уха являются естественные шумы: шелест листьев, журчание воды, пение птиц. Индустриальные шумы любой мощности не способствуют улучшению самочувствия.

Вредное воздействие шума известно издревле. Например, в Средние века существовала казнь «под колоколом». Звон колокола медленно убивал человека.

Помимо вредного влияния на здоровье человека, шумовое загрязнение быстро вызывает нарушение естественного баланса в экосистемах. Шумовое загрязнение может приводить к нарушению ориентирования в пространстве, общения, поиска пищи и т.д. В связи с этим некоторые животные начинают издавать более громкие звуки, из-за чего они сами будут становиться в роли вторичных звуковых загрязнителей, ещё сильнее нарушая равновесие в экосистеме.

Одним из самых известных случаев ущерба, наносимого шумовым загрязнением природе, является многочисленные случаи, когда дельфины и киты выбрасывались на берег, теряя ориентацию из-за громких звуков военных гидролокаторов (сонаров).

В настоящее время разработано много методик, позволяющих уменьшить или устранить некоторые шумы.

Шумовое загрязнение от какого-либо объекта можно до некоторой степени уменьшить, если на этапе разработки проекта этого объекта смоделировать с учётом различных внешних условий (например, топология

и погодные условия местности) характер шумов, которые будут возникать и затем отыскать пути их устранения или хотя бы уменьшения. В настоящее время этот способ стал гораздо проще и доступнее за счёт развития электронно-вычислительной техники. Это наиболее дешёвый и рациональный способ снижения шумов, использующийся, например, при строительстве железных дорог в городских районах.

В некоторых случаях рациональнее на данный момент бороться не с причиной, а со следствием. Например, проблему шумового загрязнения жилых помещений можно значительно уменьшить за счёт их звукоизоляции (установка специальных окон и т.п.).

В Республике Беларусь действуют ГОСТы и санитарные нормы (СН), регулирующие предельно допустимый уровень шума для рабочих мест, жилых помещений, общественных зданий и территорий жилой застройки.

Для ночного времени суток ПДУ шума для автомобилей на городских автодорогах составляет 40 дБ, в то время как на многих автомагистралях Минска и других крупных городов Беларуси уровень шума составляет не менее 70 дБ

Радиационные загрязнения. Радиационные загрязнения имеют существенное отличие от других. Радиоактивные нуклиды – это ядра нестабильных химических элементов, испускающие заряженные частицы и коротковолновые электромагнитные излучения. Именно эти частицы и излучения, попадая в организм человека разрушают клетки, вследствие чего могут возникнуть различные болезни, в том числе и лучевая.

В биосфере повсюду есть естественные источники радиоактивности, и человек, как и все живые организмы, всегда подвергался естественному облучению. Внешнее облучение происходит за счёт излучения космического происхождения и радиоактивных нуклидов, находящихся в окружающей среде. Внутреннее облучение создается радиоактивными элементами, попадающими в организм человека с воздухом, водой и пищей.

Для количественной характеристики воздействия излучения на человека используют единицы - биологический эквивалент рентгена (бэр) или зиверт (Зв): $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$. Так как радиоактивное излучение может вызвать серьезные изменения в организме, каждый человек должен знать допустимые его дозы.

В результате внутреннего и внешнего облучения человек в течение года в среднем получает дозу 0,1 бэр и, следовательно, за всю свою жизнь около 7 бэр. В этих дозах облучение не приносит вреда человеку. Однако есть такие местности, где ежегодная доза выше средней. Так, например, люди, живущие в высокогорных районах, за счёт космического излучения могут получить дозу в несколько раз большую. Большие дозы излучения могут быть в местностях, где содержание естественных радиоактивных источников велико. Так, например, в Бразилии (200 км от Сан-Паулу) есть повышенность, где годовая доза составляет 25 бэр. Эта местность необитаема.

Наибольшую опасность представляет радиоактивное загрязнение биосферы в результате деятельности человека. В настоящее время радиоактивные элементы достаточно широко используются в различных областях. Халатное отношение к хранению и транспортировке этих элементов приводит к серьезным радиоактивным загрязнениям. Радиоактивное заражение биосферы связано, например, с испытаниями атомного оружия.

Во второй половине нашего столетия начали вводить в эксплуатацию атомные электростанции, ледоколы, подводные лодки с ядерными установками. При нормальной эксплуатации объектов атомной энергии и промышленности загрязнение окружающей среды радиоактивными нуклидами составляет ничтожно малую долю от естественного фона. Иная ситуация складывается при авариях на атомных объектах.

В настоящее время все острее встает проблема складирования и хранения радиоактивных отходов военной промышленности и атомных электростанций. С каждым годом они представляют все большую опасность для окружающей среды. Таким образом, использование ядерной энергии поставило перед человечеством новые серьезные проблемы.

Электромагнитное загрязнение. Электромагнитное загрязнение (ЭМП антропогенного происхождения или электромагнитный смог) – это совокупность электромагнитных полей, разнообразных частот, негативно влияющих на человека.

Мы хорошо знаем, что биоритмы нашего тела находятся в самой тесной связи с движением Земли по околосолнечной орбите и интенсивностью окружающих нас электромагнитных полей. Все существа на Земле как бы настроены на частоту около 8 Гц, свойственную электромагнитному полю планеты. Изменения в пульсации энергии Земли непосредственно влияют на кровяное давление, дыхание, работу сердца, иммунную систему организма и даже выработку гормонов.

Электрический ток всегда порождает магнитное поле в окружающем пространстве. Поэтому электричество, так или иначе, причастно к любой фазе умственной или физической деятельности. Статистика показывает, что в период магнитных бурь на Земле заметно увеличивается количество людей, обращающихся к услугам психиатров. Экспериментально установлено, что аномалии в магнитных полях порождают аномалии в поведении людей и животных.

Так была проведена научная экспертиза, влияния электромагнитного загрязнения (излучения) на человека. В ходе одного научного эксперимента под землей были сооружены две полностью изолированные комнаты, причем одна из комнат была защищена от магнитного поля Земли, а другая – нет. В этих комнатах на протяжении двух месяцев попеременно находились несколько сотен людей. У обитателей обеих комнат со временем появились отклонения в физиологических процессах и поведении, но люди, которые жили в комнате, изолированной от магнитного поля Земли, почти

полностью потеряли ориентацию. Затем в комнате было создано электромагнитное поле, имитирующее поле Земли, и все аномальные явления у ее жильцов быстро исчезли. Очевидно, именно поле Земли определяет ход наших биологических часов.

Между тем, в нынешнем столетии люди резко изменили характер электромагнитной среды. Естественное планетарное поле теперь насыщено искусственными источниками электромагнитного загрязнения. Плотность радиоволн на поверхности Земли сегодня превосходит мощность солнечного излучения в 100 миллионов раз.

Есть основания полагать, что люди, работающие в зоне загрязненной электромагнитным полем высоковольтных кабелей, имеют в 5–8 раз больше шансов заболеть лейкемией. Для рабочих, обслуживающих радары, в 3–12 раз увеличивается риск заболеть полицитемией – болезнью крови, характеризующийся избытком красных кровяных телец. Установлено, что раковые клетки, подвергнутые облучению ЭМП с частотой в 60 герц, начинают расти в шесть раз быстрее обычного.

Переносные переговорные устройства сплошь и рядом превышают норму предельно допустимых доз электромагнитного воздействия на человека, установленную американским Институтом национальных стандартов еще в 1966 году.

Одним словом, не будет преувеличением сказать, что судьба человечества во многом будет зависеть от того, сумеем ли мы найти эффективный способ борьбы с электромагнитным загрязнением, созданным руками самого человека.

Среди различных физических факторов окружающей среды, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на человека и биологические объекты, большую сложность представляют электромагнитные поля неионизирующей природы, особенно относящиеся к радиочастотному излучению. Здесь неприемлем замкнутый цикл производства без выброса загрязняющего фактора в окружающую среду, поскольку используется уникальная способность радиоволн распространяться на далекие расстояния. По этой же причине неприемлемо и экранирование излучения и замена токсического фактора на другой, менее токсический фактор. Неизбежность воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) на население и окружающую живую природу стало данью современному техническому прогрессу и все более широкому применению телевидения и радиовещания, радиосвязи и радиолокации, использования СВЧ-излучающих приборов и технологий и т.п. И хотя возможна определенная канализация излучения, уменьшающая нежелательное облучение населения, и регламентация во время работ излучающих устройств, дальнейший технический прогресс все же повышает вероятность воздействия ЭМИ на человека. Поэтому здесь недостаточны упомянутые меры уменьшения загрязнения окружающей среды.

Но возможность неблагоприятного влияния на организм человека электромагнитных полей (ЭМП) было обращено внимание еще в конце 40-х годов.

В результате обследования людей, работающих в условиях воздействия ЭМП значительной интенсивности, было показано, что наиболее чувствительными к данному воздействию является нервная и сердечно-сосудистая система. Описаны изменения кроветворения, нарушения со стороны эндокринной системы, метаболических процессов, заболевания органов зрения. Было установлено, что клинические проявления воздействия радиоволн наиболее часто характеризуются астеническими и вегетативными реакциями.

В условиях длительного профессионального облучения с периодическим повышением предельно допустимых уровней (ПДУ) у части людей отмечали функциональные перемены в органах пищеварения, выражающиеся в изменении секреции и кислотности желудочного сока, а также в явлениях дискинезии кишечника.

При длительном профессиональном облучении выявлены также функциональные сдвиги со стороны эндокринной системы: повышение функциональной активности щитовидной железы, изменение характера сахарной кривой и т.д.

В последние годы появляются сообщения о возможности индукции ЭМИ злокачественных заболеваний. Еще немногочисленные данные все же говорят, что наибольшее число случаев приходится на опухоли кроветворных тканей и на лейкоз в частности. Это становится общей закономерностью канцерогенного эффекта при воздействии на организм человека и животных физических факторов различной природы и в ряде других случаев.

Видеодисплеи персональных компьютеров (ВДПК) используют в процессе повседневной деятельности миллионы служащих во всем мире. Компьютеризация в нашей стране принимает широкий размах, и многие сотни тысяч людей проводят большую часть рабочего дня перед экраном дисплея. Наряду с признанием несомненной пользы применение компьютерной техники вызывает у пользователей ПК беспокойство за свое здоровье.

Имеются статистические данные, согласно которым лица, работающие с ЭВМ, более беспокойны, подозрительны, чаще избегают общения, а также недоверчивы, раздражительны, склонны к повышенной самооценке, высокомерны, фиксируют внимание на неудачах.

Крупнейшими источниками электромагнитных излучений являются радио- и телевизионные средства связи и обработки информации, радиолокационные и навигационные средства, лазерные системы, воздушные линии электропередач.

Серьезного внимания заслуживают вопросы гигиенической оценки уровней ЭМИ, которым подвергаются лица, работающие в зоне действия излучений, но не связанные с обслуживанием радиотехнических устройств. По данным американского Агентства по охране окружающей среды, около 1% человеческой популяции подвергаются воздействию ЭМИ интенсивностью более 1 мкВт/см^2 . При этом наибольшие значения интенсивности были зафиксированы в высотных зданиях, особенно на уровнях, соответствующих уровням размещения антенных систем.

Самые опасные поля – это поля СВЧ-диапазона. Сантиметровые и миллиметровые волны действуют на кожу. А дециметровые, проникая на глубину 10-15 см, уже напрямую бьют по внутренним органам.

К сожалению, вредное воздействие ЭМИ связано не только с источниками широкомасштабного излучения. Известно, что магнитное поле возникает вокруг любого предмета, работающего на электрическом поле. А это практически любой прибор, сопровождающий нас в быту (даже электрические часы).

Дисплеи персональных компьютеров, выполненные на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ), являются потенциальными источниками мягкого рентгеновского, ультрафиолетового (УФ), инфракрасного (ИК), видимого, радиочастотного, сверх- и низкочастотного ЭМИ. Сотрудники Центра электромагнитной безопасности провели независимое исследование ряда компьютеров, наиболее распространенных на нашем рынке, и установили, что «уровень электромагнитных полей в зоне размещения пользователя превышает биологически опасный уровень».

Последствия регулярной работы с компьютером без применения защитных средств: заболевания органов зрения, болезни сердечно-сосудистой системы, заболевания желудочно-кишечного тракта, кожные заболевания, различные опухоли.

Особенно опасно электромагнитное излучение компьютера для детей и беременных женщин. Установлено, что у беременных женщин, работающих на компьютерах с дисплеями на электронно-лучевых трубках, с 90-процентной вероятностью в 1,5 раза чаще случаются выкидыши и в 2,5 раза чаще появляются на свет дети с врожденными пороками

Персональные компьютеры (ПК) заняли прочное место в деятельности многих людей. Сейчас уже невозможно представить полноценную трудовую деятельность на предприятиях, в частном бизнесе, да и в процессе обучения без ПК. Но все это не может не вызывать беспокойства в отношении их вредного влияния на состояние здоровья пользователей. Недооценка особенностей работы с дисплеями, помимо снижения надежности и эффективности работы с ними, приводит к существенным проблемам со здоровьем. Это и снижение зрения, и влияние излучения на нервную и пищеварительную системы. Теперь дети предпочитают улице – игры и занятия на компьютере. Они около 60% времени проводят за компьютером, что оказывает отрицательное влияние на психологическое развитие личности ребёнка и становления личности в целом.

Защитные меры разрабатываются, но наряду с ними создаются новые приборы, которые также требуют огромного внимания к осуществлению безопасности для пользователя. В России и других странах разрабатываются всевозможные средства защиты от электромагнитных излучений: специальная защитная одежда, ткани и прочие защитные материалы, которые могут обезопасить любой прибор. Но до внедрения подобных разработок

в широкое и повседневное их использование пока далеко. Так что каждый пользователь должен позаботиться о средствах своей индивидуальной защиты сам, и чем скорее, тем лучше.

Тема 3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

3.1 Общие сведения

Методы переработки нефти делятся на первичные и вторичные.

Первичные – физические методы разделения нефти, основанные на разных температурных интервалах кипения отдельных фракций нефти, т.е. это прямая перегонка нефти.

Вторичные – химические методы, предусматривающие полное преобразование нефтяного сырья в результате глубоких структурных превращений углеводородов под воздействием повышенных температур и давления с использованием катализаторов. Это различные виды крекинга и риформинга нефтепродуктов.

Современные нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) отличаются большой единичной мощностью установок, углублением процессов отбора нефтепродуктов и их каталитической переработкой. Переработка нефти ведется по двум основным направлениям - на установках топливного и масляного блоков, где получают различные виды моторных топлив и масел, а также парафина, церезина, битумов. Кроме того, современные заводы включают производства химического блока, предназначенные для получения синтетических жирных кислот, синтетических масел, присадок, диэмульгаторов, серной кислоты, серы, различных углеводородов и др.

Существующие нефтеперерабатывающие заводы рассчитаны на переработку миллионов тонн нефти и поэтому являются интенсивными источниками загрязнения окружающей среды. Зона загрязнения воздуха мощных НПЗ простирается на расстояние 20 и более километров.

Количество выделяющихся вредных веществ определяется мощностью НПЗ и составляет (процент от мощности предприятия):

углеводороды 1,5–2,8; сероводород 0,0025–0,0035 на 1% серы в нефти; оксид углерода 30–40% от массы сжигаемого топлива; сернистый ангидрид 200% от массы серы в сжигаемом топливе. Большая часть потерь углеводородов поступает в атмосферу (75%), в воду (20%) и в почву (5%).

Основные источники загрязнения при нефтепереработке показаны в таблице 3.1 (интервал в зависимости от глубины переработки и мощности).

Таблица 3.1 – Основные источники выбросов вредных веществ на НПЗ и их вклад в загрязнение атмосферы, %

Источники	Потери, %		
	углеводородов	сероводорода	оксида углерода
1	2	3	4
Наземные металлические резервуары (без герметизации)	48–40	21–17	--
Предохранительные клапаны (без герметизации), бароконденсаторы, эжекторы ВВТ	20–24	14–17	--
Технологические установки (насосы, компрессоры, арматура, дренажи)	12–17	11–15	--
Градирни, системы оборотного водоснабжения	5–4	48–43	--
Нефтеловушки, нефтеотделители, колодцы	9–10	5–6	--
Эстакады сливные	4–3	2–3	--
Эстакады наливные	2–2	--	--
Трубчатые печи технологических установок			50–55
Реакторы каталитических крекингов			12–9
Выхлопы газокompрессоров			11–10
Битумные установки			9–7
Факелы			18–19

3.2 Установки производства светлых нефтепродуктов

3.2.1 Установки первичной перегонки нефти

Удельные выбросы в атмосферу вредных веществ на некоторых установках ПО «Нафтан» приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Удельные выбросы вредных веществ в атмосферу на некоторых установках ПО «Нафтан», кг/т

Наименование вредного вещества	Наименование установки и объем перерабатываемого сырья, тыс.т./год							
	ЭЛОУ АВТ-1 2798*10 ⁻⁴	ЭЛОУ-АВТ-2 2267*10 ⁻⁴	ЭЛОУ-АВТ-6 8867*10 ⁻⁴	ЭЛОУА Т-3 1414*10 ⁻⁴	ЭЛОУА Т-8 9658*10 ⁻⁴	Л24-6 1475*1 0 ⁻⁴	Л24-7 1731*1 0 ⁻⁴	Л24-9 2060*1 0 ⁻⁴
Диоксид серы	3,08	2,28	5,0	2,0	1,8	0,06	0,61	1,7
Оксид углерода	0,28	0,015	0,075	0,008	0,033	0,14	0,18	0,15
Оксиды азота	0,28	0,46	0,45	0,09	0,32	0,1	0,28	0,19

Окончание таблицы 3.2

Углеводороды	2,2	2,76	9,6	1,2	1,03	5,5	3,1	6,9
Пыль	0,015	0,011	0,03	-	0,01	-	0,06	0,009
Оксиды ванадия	-	-	-	-	-	-	-	-
Сероводород	0,02	1,6	0,01	0,04	0,01	0,1	0,09	0,03

Первичная перегонка нефти осуществляется на *трубчатых установках*, работающих при атмосферном давлении (установки *АТ*). При этом из нефти выделяют так называемые светлые нефтепродукты – бензиновую, керосиновую, дизельную фракции. Остатком от перегонки нефти при атмосферном давлении является мазут. Перегонка мазута производится при остаточном давлении 5-8 кПа на вакуумных трубчатых установках (установки *ВТ*). Мазут разделяют на дистиллятные фракции и высоковязкий остаток - гудрон. На большинстве заводов атмосферную перегонку нефти и вакуумную перегонку мазута проводят на одной установке- атмосферно-вакуумная трубчатка (установки *АВТ*).

В настоящее время большое распространение получили комбинированные установки большой производительности. В частности, на установке ЭЛОУ *АВТ* - 6 первичная перегонка нефти сочетается с обессоливанием, стабилизацией и вторичной перегонкой бензина.

Основными загрязнителями атмосферы установок первичной перегонки нефти являются дымовые газы из трубчатых печей. Выбросы от одной трубчатой печи составляют (кг/ч): *пыль органическая* - 5,3; *диоксид серы* - 900,9; *оксид углерода* - 32,9; *оксиды азота* - 50,2; *углеводороды* - 3,2.

Кроме того, в атмосферу поступают вентиляционные газы, содержащие аммиак и углеводороды, а также газы разложения, содержащие сероводород.

Основная масса сточных вод образуется при охлаждении сальников и торцевых уплотнений насосов - 140 м³/ч, при дренировании из емкостей орошения - 49 м³/ч. Эти воды содержат в основном нефтепродукты, сульфиды, щелочи. Жидкие отходы образуются на блоке ЭЛОУ при обезвоживании и обессоливании сырой нефти. Ежедневно на очистные сооружения сбрасывается до 1782 т соляного раствора.

3.2.2 Установки каталитического риформинга

Каталитический риформинг на платиновом катализаторе (платформинг) - один из важнейших процессов в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Производят: высокооктановые бензины, бензол, толуол, ксилол. Кроме того, на установках получается углеводородный газ и водородсодержащий газ, последний используется на установках гидроочистки.

Основными выбросами в атмосферу установки являются дымовые газы из трубчатых печей, а также газы, образующиеся при регенерации катализатора, содержащие углеводороды и оксид углерода.

Кроме того, в атмосферу выбрасываются вентиляционные газы, содержащие бензол, толуол и другие углеводороды.

Сточные воды, содержащие нефтепродукты, образуются при охлаждении торцевых уплотнений насосов.

Твердые отходы представляют собой отработанные катализаторы и цеолиты в количестве 20,6 т/год, которые направляются в отвал.

3.2.3 Установки гидроочистки

Гидроочистке подвергают почти все нефтяные топлива как прямогонные, так и вторичного происхождения: бензин, керосин, реактивное и дизельное топливо, вакуумный газойль. Процесс гидроочистки применяют также для облагораживания компонентов смазочных масел и парафинов.

Гидроочистка предназначена для удаления сернистых, азотистых и кислородсодержащих соединений путем их деструктивной гидрогенизации при взаимодействии с водородом. Процесс проходит в присутствии алюмокобальтмолибденового или алюмоникельмолибденового катализатора. При гидроочистке получают также газ, который используется в качестве топлива на установке; отгон (бензиновая фракция с низким октановым числом), который добавляется к бензинам, и сероводород, используемый для производства серной кислоты и серы.

Загрязнение атмосферы при гидроочистке происходит в основном дымовыми газами, образующимися при сжигании топлива и регенерации катализатора; вентиляционными выбросами насосной и компрессорной, содержащими в основном углеводороды и сероводород.

Кроме того, на установке образуются промышленно-ливневые сточные воды, содержащие нефтепродукты и моноэтаноламин, а также сернисто-щелочные стоки.

Жидкие отходы в виде отработанной щелочи в количестве 47 т/год поступают на очистные сооружения.

3.3 Установки производства темных нефтепродуктов

3.3.1 Установка по производству жидких парафинов «Парекс»

Установка «Парекс» предназначена для выделения нормальных алканов из керосиногазойлевых фракций. В качестве адсорбента используются молекулярные сита (цеолиты). Процесс состоит из следующих стадий: адсорбция нормальных алканов цеолитом при его контакте с сырьем; продувка адсорбента от неадсорбируемых цеолитом компонентов сырья; десорбция (выделение) нормальных алканов из пор цеолита с помощью аммиака.

Характеристика выбросов вредных веществ в атмосферу и сбросов в систему водоотведения установки представлена в таблица 3.3.

Таблица 3.3 – Характеристика выбросов и сбросов вредных веществ установки «Парекс»

Источники выбросов, сбросов	Количество, м ³ /ч	Состав, % об.
Дымовые газы трубчатых печей	38975	Диоксид серы – 10,6; водяные пары – 16,0; азот – 69,5; диоксид углерода – 0,2; кислород – 4,2
Газы, образующиеся при сжигании, активизации катализатора, метанизации	2670	Диоксид углерода – 4,9; водяные пары – 27,1; азот – 67,8; диоксид никеля – 0,068
Вентиляционные газы		Аммиак, углеводороды, щелочные аэрозоли, серная кислота
Сточные воды от промывки сепараторов	0,25	Сульфат натрия, сульфит натрия, сульфонат натрия, гидроксид натрия
Аммиачная вода	0,075	Аммиак, бисульфит натрия, цианиды
Сернисто-щелочные сточные воды	0,90	

Твердые отходы, образующиеся на установке, направляются в отвал в количестве: молекулярные сита – 202 т/год; силикагель А – 64 т/год; силикагель В – 4,6 т в 8 лет.

На установке образуется значительное количество кислого гудрона (порядка 1350 кг/ч), который используется при производстве серной кислоты.

3.3.2 Производство нефтяных масел

Основу нефтяных минеральных масел самого разного назначения получают из мазутов или продуктов его вакуум перегонки. Процесс производства любых масел состоит из трех этапов:

- подготовка сырья и получение исходных масляных фракций;
- получение компонентов из исходных масляных фракций;
- смешение компонентов, добавление присадок для получения товарных марок масел.

Подготовка сырья заключается в разгонке мазутов под вакуумом. При этом получают дистиллятные и остаточные масляные фракции. Производство компонентов из исходных масляных фракций – сложный многоступенчатый процесс. Основное назначение каждой ступени – полное или частичное удаление определенных групп соединений, отрицательно влияющих на эксплуатационные свойства масел.

Установка деасфальтизации гудрона пропаном предназначена для получения остаточных компонентов масел путем удаления асфальтосмолистых соединений и полициклических углеводородов из гудрона с помощью избирательного растворителя – пропана.

Основными загрязнителями атмосферы являются дымовые газы, а также вентиляционные газы, содержащие углеводороды.

На очистные сооружения поступают промышленно-ливневые, сернисто-щелочные сточные воды, отработанная щелочь.

Установка селективной очистки масел фенолом предназначена для очистки масляных фракций от полициклических ароматических углеводородов, нафтено-ароматических углеводородов с короткими боковыми цепями, смолистых веществ, нафтеновых кислот, а также соединений, содержащих серу, азот, кислород, путем экстракции их фенолом.

При этом атмосфера загрязняется дымовыми газами и вентиляционными выбросами, содержащими углеводороды и фенол.

Промышленно-ливневые сточные воды, содержащие фенол, поступают на очистные сооружения.

Установка депарафинизации масел предназначена для выделения твердых парафиновых углеводородов из дистиллятных и остаточных масляных фракций. Процесс основан на охлаждении сырья и последующем отделении при фильтровании твердых парафиновых углеводородов, выкристаллизовавшихся из растворов масляных фракций в метилэтилкетоне (МГЖ) и толуоле. Хладагентом в этом процессе является аммиак.

В атмосферу выбрасываются вентиляционные газы, содержащие углеводороды, аммиак, растворители. Твердые и жидкие отходы отсутствуют.

Очистка масляных компонентов отбеливающими глинами является завершающей в процессе получения компонентов для приготовления смазочных масел. Из масляных компонентов удаляют высокомолекулярные смолистые вещества и высшие нафтеновые кислоты, а также остатки растворителей.

Загрязнение атмосферы происходит дымовыми газами. На очистные сооружения поступают промышленно-ливневые сточные воды в количестве 20 м³/ч.

Твердые отходы представляют собой отработанную отбеливающую глину, которая отправляется в отвал, а отработанная фильтровальная бумага и ткань сжигаются.

Производство присадок. Необходимые эксплуатационные свойства масел обеспечиваются при добавлении к базовому маслу различных присадок. К маслам добавляются присадки антиокислительные, антикоррозионные, депрессаторы, вязкостные, противоизносные, моющие или антинагарные, антипенные, многофункциональные.

Присадки представляют собой сложные химические вещества, которые получают путем многостадийного органического синтеза.

Основным источником загрязнения атмосферы при производстве сульфонатной присадки С-150 являются вентиляционные газы, содержащие углеводороды, аммиак, диоксид серы и оксид серы (II).

На очистные сооружения сбрасываются промышленно-ливневые сточные воды – 60 м³/ч, содержащие нефтепродукты, ароматические

углеводороды; соледержащие сточные воды – 30 кг/г сырья, в состав которых входят сульфиды, изопропанол, эфирыоизвлекаемые и взвешенные; промывные воды со стадии нейтрализации.

Кроме того, при производстве присадок образуются твердые и жидкие отходы:

- кислый гудрон в количестве 21,5 т/ч (используется для производства концентрата «Карпатол-2», который применяется для интенсификации нефтедобычи и в цементной промышленности);
- шлам механической очистки в количестве 8,62 т/ч (в смеси с кислым гудроном используется для получения нейтрального продукта для цементной промышленности).

3.3.3 Установка производства битумов

Установка предназначена для производства дорожных, строительных и кровельных битумов путем окисления тяжелых нефтяных остатков. Сырьем является прямогонный гудрон или его смесь с побочными продуктами деасфальтизации и селективной очистки (асфальты и экстракты) в различных соотношениях.

Окисление осуществляется в окислительных колоннах кислородом воздуха. Основными выбросами в атмосферу являются дымовые и вентиляционные газы. Газы окисления подвергаются термическому обезвреживанию.

Ливневые сточные воды с территории установки и промышленные сточные воды от охлаждения сальников поступают на очистные сооружения. Жидким отходом является «черный соляр», образующийся в количестве 0,75-0,80 % от объема сырья, его используют в качестве топлива. Твердые отходы - битумная крошка - полностью используются по назначению.

Кроме того, загрязнение атмосферы вышеперечисленными установками происходит в результате разгерметизации технологических аппаратов, трубопроводов, сальников насосов, емкостного оборудования, компрессоров, головок вакуумных фильтров, мешалок, задвижек, открытого дренирования воды, отбора проб, открытых люков. Интенсивными источниками загрязнения воздуха являются дыхательные клапаны резервуаров, аварийные клапаны, факелы.

На каждой установке образуются также сточные воды при промывке и пропарке оборудования, уборке помещений. С территории каждой установки поступают в первую систему водоотведения ливневые сточные воды, сточные воды после промывки и пропарки оборудования, смыва полов, сальников и торцов насосов. Во вторую систему водоотведения поступают солевые и сернисто-щелочные воды установок первичной перегонки нефти; сернисто-щелочные сточные воды с установок гидроочистки, установки «Парекс», раствор сульфата аммония с установок производства присадок. Сточные воды обеих систем канализации поступают на очистные сооружения, где подвергаются механической, физико-химической и биологической очистке.

Среднеотраслевые удельные выбросы загрязняющих веществ при переработке нефти приведены в таблица 3.4.

Таблица 3.4 – Удельные выбросы вредных веществ от нефтехимических предприятий

Твердые вещества	Газообразные вещества	SO ₂	NO _x	CO	C _x H _x	Прочие	Всего
–	4,5	0,6	0,09	0,3	3,4	0,03	4,5

3.4 Нефтехимические производства

3.4.1 Производство полиэтилена

Полиэтилен – это продукт полимеризации этилена, который получают пиролизом этана, прямогонных бензинов, вакуумных газойлей и других продуктов. Для придания полиэтилену (как товарному продукту) определенных свойств его направляют на узел смешения и окончательной обработки, где вводятся различные добавки.

При производстве полиэтилена на разных стадиях образуются значительные объемы выбросов вредных веществ в атмосферу, характеристики которых приведены в таблице 3.5

Таблица 3.5 – Характеристика источников и состав вредных веществ, поступающих в атмосферу при производстве полиэтилена

Отделение	Источники и расход ГВВ, м ³ /ч	Состав выбросов
1	2	3
Пиролиза	Дымовые газы – 180 000 Газы прожига – 5500	Диоксид углерода, оксид углерода, оксиды азота Диоксид углерода, оксид углерода
Газоразделения	Дымовые газы – 840 Топливный газ – 709 Сбросы углеводородов из емкостей-110 Через предохранительные клапаны	Оксид углерода, диоксид углерода Ацетилен Этилен, пропилен, пропан Углеводороды C ₁ -C ₆
Компрессии	Вентиляционные газы – 369 370	Алканы, алкены
Полимеризации	Газ из воздушных при продувке аппаратов – 50 400 Газ из воздушных – 37 200	Этилен, азот Этилен, азот
Грануляции	Вентиляционные газы – 376	Этилен
Узел смешения и окончательной обработки полиэтилена	Воздух продувочный – 285 90	Полиэтиленовая пыль, этилен, пыль добавок

При производстве полиэтилена образуются жидкие отходы, в частности сточные воды из отделения пиролиза – 792 м³/сут; отработанная щелочь и промывная вода отделения газоразделения – 60 м³/сут.

Кроме того, образуется значительное количество твердых отходов, которые вывозятся в шламонакопитель: отработанные цеолиты, отработанные кольца Рашига, продукты полимеризации, полиэтиленовые куски, пыль добавок наполнителей и стабилизаторов, в которой содержатся три- оксид сурьмы, гексабромбензол, диоксид титана, хлорпарафин, оксид цинка, тальк.

3.4.2 Производство нитрила акриловой кислоты (НАК)

Для производства НАК в качестве сырья используется пропилен и аммиак. Синтез осуществляется в присутствии висмут-молибденового катализатора Т-673. Наряду с нитрилом акриловой кислоты образуется синильная кислота и ацетонитрил.

НАК применяется для получения синтетических волокон, таких как орлон, винтон, дайнел, кашмилон и других; специальных бутадиен-нитрильных каучуков, различных пластмасс, эфиров акриловой кислоты, пластификаторов и других продуктов.

Синильная кислота применяется для извлечения золота из руды, для борьбы с вредителями citrusовых деревьев, в гальванотехнике, для цементации стали и т.д. Она является одним из исходных веществ при получении ацетонциангидрина, эфиров акриловой и метакриловой кислот, используется в производстве пластмасс, синтетического каучука, синтетического волокна.

Ацетонитрил применяется в качестве растворителя и полупродукта для органических синтезов, в производстве витамина *B₁* в текстильной и нефтехимической промышленности.

При производстве НАК кроме дымовых газов (69 м³/ч) в атмосферу с каждой установки очистки вентиляционных газов поступают нитрил акриловой кислоты, ацетонитрил, синильная кислота, пропилен, оксид углерода, оксиды азота.

Сточные воды с производства НАК сбрасываются на станции нейтрализации в количестве свыше 1200 м³/сут, они содержат некоторое количество нитрила акриловой кислоты, синильной кислоты, метилцианида, цианида фосфора и являются остро токсичными для водоемов.

3.4.3 Производство метилакрилата (МА)

Метилакрилат используется в производстве полиакрилонитрильных волокон, фотопленок, акриловых эмульсий, различных марок полиметилакрилатов и др.

Для синтеза метилакрилата используется нитрил акриловой кислоты и раствор серной кислоты, в качестве хладагента – раствор метанола. Отходы

производства метилакрилата применяют для производства сульфата аммония. Выбросы вредных веществ в атмосферу при производстве метилакрилата представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Характеристика выбросов вредных веществ в атмосферу при производстве метилакрилата

Отделение	Источник выброса	Количество, м ³ /ч	Состав выбросов
Метилакрилата	Санитарная колонна	82	НАК, МА, метанол
	Воздушки емкостей	111	Пары серной кислоты, МА, метанол, НАК
	Вентиляционные трубы	212 795	НАК, МА, метанол
	Дефлекторы	3675	НАК, МА, метанол
Сульфата аммония	Дыхание аппаратов	10	МА, серная кислота, метанол, НАК, аммиак
	Дыхание сборников	25	Аммиак
	Вакуумные насосы	900	Диоксид серы, метанол, МА, НАК, аммиак
	Вентиляторы	105 804	Пыль, диоксид углерода, ацетон, аммиак, МА, НАК, метанол
	Центрифуги	973	Пыль, НАК, МА

В отделении сульфата аммония сточные воды образуются на стадии вакуумной кристаллизации раствора сульфата аммония в количестве 150 м³/сут, к ним добавляются отработанные воды после вакуум-насосов – 30 м³/сут. В отделении МА сточные воды представлены водой от санитарного скруббера – 72 м³/сут. Все сточные воды производства МА направляются на очистные сооружения, где проходят полную физико-химическую и биологическую очистку, так как являются высокотоксичными для естественных водоемов. Отработанный маточный раствор со стадии вакуум-кристаллизации раствора сульфата аммония в количестве 15 кг/сут направляется на сжигание.

Твердыми отходами производства МА являются отработанные кольца Рашига, полимеры, шлам из отделения сульфата аммония. Они направляются в шламонакопитель.

3.4.4 Производство волокна нитрон

Процесс получения прядильного раствора для производства волокна *нитрон* осуществляется методом сополимеризации акрилонитрила, метилакрилата и изобутилового спирта в среде роданида натрия. Полученный раствор направляется в прядильно-отделочное отделение, где подвергается формованию с получением волокна. Пучок волокон, выходящий из осадительной ванны, подвергается вытяжке и направляется на отделку. Далее волокно отмывают от остатков растворителей, окрашивают, снова промывают, сушат, обрабатывают антистатиком, гофрируют и укладывают в жгуты.

Волокно нитрон широко применяется в хозяйственной деятельности, так как обладает специфическими и очень ценными текстильными свойствами.

При производстве волокна нитрон от стационарных источников поступает в атмосферу значительное количество поллютантов и образуются весьма токсичные сточные воды. Характеристика вредных веществ, поступающих в окружающую среду при производстве нитрона, приведена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Характеристика вредных веществ, поступающих в окружающую среду при производстве волокна нитрон

Отделение	Источник выбросов	Количество, м ³ /ч, м ³ /сут	Состав выбросов
1	2	3	4
Полимеризации	Воздушки аппаратов	149	Диизопропиловый эфир, изопропиловый спирт, МА, НАК, аэрозоль серной кислоты
	Вентиляция	296717	Диизопропиловый эфир, изопропиловый спирт, МА, НАК
Прядильно-отделочное	Вентиляционные газы	1 625 780	НАК, МА
	Воздух с воздушек	210	НАК, МА
Полимеризации	Конденсат испарителей насосов	1819	Роданид натрия, мономеры, изопропиловый спирт
	Рафинат с экстракционных колонн	172	Роданид натрия, серная кислота, сернокислый натрий, эфир
Прядильно-отделочное	Конденсат после гидрозатворных баков узла деаэрации	50	Цианиды, роданид натрия
	С участка поверхностного крашения, приготовления и дозировок	1330	Роданиды, катионные красители, углерод технический

Сточные воды производства волокна нитрон поступают на очистные сооружения, где подвергаются полной очистке.

В производстве волокна нитрон образуются твердые и жидкие отходы:

- отделение полимеризации – отходы фильтровальных пакетов, жгута и полимера в количестве 3092 кг/сут, содержащие роданид натрия, полимер, воду; фильтровальный шлам в количестве 722 кг/сут, содержащий роданид натрия, карбонат бария, сульфат бария, фильтровальный порошок, воду;

- прядильно-отделочное отделение – цветные волокнистые отходы на узле отделки волокон в количестве 240 кг/сут, содержащие полимер, роданид натрия, воду.

Твердые и жидкие отходы данного производства являются условно токсичными для окружающей среды, они направляются в шламо-накопители.

Тема 4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

4.1 Экологическая характеристика производства эластомеров

Производство эластомеров (резинотехнических изделий) является одним из наиболее значительных источников вредных выбросов в атмосферу не по количественному, а по качественному составу. Выбросы предприятий по производству резинотехнических изделий отличаются разнообразием по составу и агрегатному состоянию – пары, газы, аэрозоли, твердые вещества. В состав газовойоздушных выбросов производства резинотехнических изделий входят такие вредные вещества, как технический углерод (сажа), сера, оксид цинка, *фенилнафтамин (неозон Д)*, *тетраметилтиурамдисульфит (тиурам)*, *а-меркаптобензотиазол (каптакс)*, *бисди-сульфид (альтакс)*, *тальк*, *бензин*, *ацетон*, *ацетофенол*, *акролеин*, *акрило-нитрил*, *диметиламин*, *капролактан*, *сероводород*, *скипидар*, *толуол*, *метанол*, *бензол*, *фенол* и многие другие соединения.

Сложный состав выделяющихся веществ объясняется большой номенклатурой выпускаемых изделий и соответственно используемых для их изготовления материалов и ингредиентов, а также разнообразием процессов получения резинотехнических изделий. При их изготовлении применяются около **30 видов каучуков**, свыше 100 ингредиентов, растворителей и органических добавок.

Практически все технологические операции производства резинотехнических изделий являются источниками выделения вредных веществ. Сюда относятся хранение, растаривание, развешивание, транспортировка материалов, подготовка смесей, формование заготовок, сборка изделий, клеепромазка, пропитка тканей, вулканизация и другие операции.

При изготовлении резиновых смесей в атмосферу выделяется: *пыль твердых компонентов, таких как технический углерод, альтакс, каптакс, неозон Д, тиурам, сера, оксид цинка и другие*, которые характеризуются мелкодисперсностью. Так, средний диаметр частиц составляет (мкм): для технического углерода – 30–65, аэросила (белая сажа) – 3–15, каолина – 5, оксида цинка – 0,11–0,3.

При нагреве каучуков и резин в атмосферу выделяются органические составляющие в зависимости от марок каучуков, входящих в резиновые смеси (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Состав выделяющихся вредных веществ из резиновых смесей при их нагревании

Марка каучука	Образующиеся вредные вещества
1	2
Натуральные и изопреновые	Изопрен, оксид углерода
СКС	Дибутилфталат, стирол, оксид углерода
СКН	Акрилонитрил, оксид углерода, дибутилфталат, дивинил
СКЭП	Оксид этилена, этилен, оксид пропилена
БК	Изобутилен
СКФ	Фторид водорода, оксид углерода, хлорид водорода
СКБВ, СКТ	Ацетофенон, хлорид водорода, оксид углерода
Наирит	Хлоропрен, хлорид водорода, оксид углерода

Резинотехнические изделия изготавливают разными способами: сборкой из отдельных заранее подготовленных деталей или полуфабрикатов с последующей вулканизацией; формованием с одновременной или последующей вулканизацией; литьем резиновой смеси в форму методом инжектирования с последующей вулканизацией. Заготовка деталей осуществляется формованием методом шприцевания или каландрования резиновых смесей. Эти операции сопровождаются нагревом резиновой смеси, при котором из нее выделяются различные газы, а также пыль талька, мела и каолина.

Клеепромазка, пропитка тканей, а также процессы склеивания деталей при сборке резиновых изделий сопровождаются выделением в атмосферу различных растворителей, например бензина БР-1 или БР-2, этилацетата.

На предприятиях резинотехнических изделий, как правило, используется горячая вулканизация при температуре 140–170 °С и повышенном давлении. Если при проведении предыдущих технологических операций выделение вредных веществ в атмосферу происходит равномерно по времени, то при вулканизации они выделяются неравномерно. Максимальное выделение вредных веществ происходит в конце процесса вулканизации при открывании крышки вулканизационного котла или при раскрытии прессформ. По мере остывания резиновых изделий выделение вулканизационных газов в значительной мере уменьшается. Количество выделяющихся при остывании изделий вредных веществ и время их выделения прямо пропорциональны массе изделий и площади их поверхности.

Спектр углеводородов, загрязняющих атмосферу, достаточно разнообразен и зависит от места их выделения. Например, для подготовительного цеха наиболее характерны: *альдегиды, изопарафины* $C_3 - C_{10}$, *нормальные*

и изоолефины C_3H_7 , ароматические углеводороды, нормальные и изопарафины $C_8 - C_{14}$, нормальные и изоолефины $C_8 - C_{14}$; для цеха вулканизации – альдегиды (ацетальдегид), нормальные и изопарафины $C_3 - C_7$, нормальные и изоолефины $C_3 - C_7$, нафтенy, ароматические углеводороды, нормальные и изопарафины $C_8 - C_{14}$, нормальные и изоолефины $C_8 - C_{14}$, аминосоединения.

Из приведенных данных следует, что значительная доля летучих (свыше 50 %) соединений приходится на ароматические углеводороды (бензол, толуол, стирол и их производные); нормальные и изопарафины (2,5-диметилгексан, додекан, 2,3,5-триметилгексан) и олефины (октен-1, нонен-1, детен-3 и др.), большинство из которых относится к летучим органическим соединениям (ЛОС). Удельные выбросы вредных веществ от предприятий резинотехнической промышленности представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Удельные выбросы вредных веществ на предприятиях РТИ

Удельные выбросы	SO ₂	CO	C _x H _y	HC1	Пыль	Этил-ацетат	NO _x	Прочие	Всего
Среднеотр-е	1,16	2,99	50,74	0,965	4,36	34,03	0,0015	3,13	97,37

4.1.1 Шинная промышленность

Является материалоемкой отраслью, где доля затрат на материалы составляет 85% от себестоимости изделий. Здесь же и образуется наибольшее количество отходов. Только нормативный объем отходов на среднюю шину составляет более 0,5 кг резиновой смеси и около 0,3 кг обрешиненных кордов и ткани.

Шинная промышленность потребляет каучуки (синтетический и натуральный), регенерат, технический углерод, химические продукты нефтепереработки и армирующие материалы (различные виды корда, металло- корда, проволоки, ткани). **Основными отходами шинного производства являются: резиновые невулканизированные (РТНВО), резинометаллические, резиновые вулканизированные (ОВО), текстильные, металлические.**

При удовлетворительном состоянии оборудования уровень этих потерь составляет 0,15–0,6кг на одну заправку, т.е. 0,1–0,35%. При большой изношенности оборудования уровень потерь достигает 1% и более.

При чистке оборудования (смесительного, профилирующего) потери составляют 0,3–0,5% от общего количества изготавливаемых смесей. Поэтому экономически выгодно производить смеси на смесителях большой единичной емкости РС-270, РС-370, РС-620, при этом отходы смеси значительно снижаются (до 0,1–0,05%). Здесь применяется усовершенствованная система уплотнений (устройства самоуплотняющего типа).

При применении машин холодного питания на участках профилирования исключаются потери при разогреве резиновых смесей, а следовательно, выпуска полуфабрикатов.

Текстильный корд в шинной промышленности подвергается следующим стадиям обработки: пропитке, сушке, термообработке, обрешиванию, раскрою, стыковке. Отходы текстильного корда, образующиеся в процессе его переработки, можно условно разделить на две большие группы:

- технически неизбежные отходы, обусловленные наличием технологических операций производства и контроля качества корда;
- отходы, вызванные неисправностью оборудования, организационными неполадками, недостаточной квалификацией обслуживающего персонала, нарушением технологической дисциплины.

Технически неизбежные отходы составляют около 30% от объема отходов текстильного корда. Количество отходов корда по промышленности составляет 0,4% для вискозного и 1,15% для капронового корда от всего объема перерабатываемого корда. Объем отходов может быть снижен за счет совершенствования оборудования, внедрения автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами. При использовании металлокорда норма его потерь составляет около 2,5% от перерабатываемого объема.

Рассмотрим проблему твердых отходов на примере ПО «Белшина». Все шинные отходы предприятия можно разделить на три группы в соответствии с направлениями их дальнейшего использования:

1) Отходы, для переработки которых в настоящее время есть технические решения. Это отходы резиновых смесей - составляют 65% от всего объема отходов, 75% из них перерабатывается предприятием.

2) Отходы производства, которые могут быть реализованы другим организациям (текстиль, металл) или регенератным заводам (отработанные изделия).

3) Отходы производства шин, для которых к настоящему времени не разработаны технические решения и оборудование по их переработке и использованию. К ним относятся: обрешиваемые металлические материалы, покрышки после испытания и перевулканизированные покрышки «буфер».

В настоящее время ассортимент изделий, выпускаемых из отходов шинного производства на ПО «Белшина», насчитывает около 40 наименований. Сюда относятся изделия, применяемые в строительстве сельскохозяйственных и спортивных сооружений (листы кровельные волокнистые, рулонная кровля, плиты для полов в животноводческих помещениях, плиты «Рездор» для покрытия спортивных сооружений); детали технического назначения (амортизаторы для железнодорожных шпал, техническая пластина, резиновая крошка, упаковочные кольца, кольца резиновые конические); детали сантехнического оборудования. Большую группу изделий составляют запасные части к автомобилям: тормозной башмак, брызговики, фартук защитный, уплотнитель для передних крыльев, защитные кожухи, коврики. Кроме того, выпускается ряд товаров народного потребления: накладки для лыж, резиновые ведра и т.д. Удельные выбросы вредных веществ в шинной промышленности представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Удельные выбросы вредных веществ на предприятиях шинной промышленности

Удельные выбросы	Взвешенные вещества	C _x H _y	CO	SO ₂	Формальдегид	Аммиак	Аминосоединения	Бензин	Всего
Средне-отраслев.	0,0329	0,091	0,086	0,018	0,6·10 ⁻³	2,1·10 ⁻³	0,5·10 ⁻³	0,24	0,471

Сточные воды производства резинотехнических изделий характеризуются наличием в них взвешенных веществ, растворителей и углеводов. Они подвергаются локальной очистке с последующей доочисткой на заводских или общегородских очистных сооружениях.

Для предотвращения загрязнения воздушного бассейна технологическое оборудование производства резинотехнических изделий должно быть герметизировано, оснащено типовыми отсосами и укрытиями. Все источники выбросов оборудуются газопылеочистными установками с нужной степенью очистки.

4.2 Экологическая характеристика производства химических волокон

В настоящее время промышленность производит химические волокна в виде *моноволокна* (одиночное волокно большой длины), *штапельного* (короткие обрезки одиночных тонких волокон) и *филаментных нитей* (пучков, состоящих из большого количества одиночных тонких волокон, соединенных посредством крутки).

Химические волокна подразделяются на искусственные и синтетические. **Искусственные волокна** получают путем химической переработки природных полимеров (древесная и хлопковая целлюлоза, белки растительного и животного происхождения и пр.). К ним относятся вискозные, медно-аммиачные, ацетатные, белковые и альгинатные волокна. **Синтетические волокна** производят из синтетических высокомолекулярных соединений, получаемых на основе продуктов переработки каменного угля, нефти и природного газа в процессе полимеризации и поликонденсации. Для получения синтетических волокон используются полиамиды, поли-олефины, поливинилхлорид, полиакрилонитрил, поливиниловый спирт, фторсодержащие полимеры. К этим волокнам относятся капрон, анид, лавсан, нитрон, виол, орлон, хлорин, полипропилен, полифен и др.

Прядильные растворы для изготовления волокон могут быть получены путем растворения исходного сырья в соответствующих растворителях или расплавлением его. Формование нитей производится двумя способами.

При *мокром методе* прядильный раствор продавливается через фильеры в осадительную ванну, заполненную смесью воды и растворителей (керосин, алифатические спирты и др.), а нити вытягивают в разбавленных растворах коагуляционной ванны. *По сухому способу* прядильный раствор продавливают через фильеру в шахту нагретым воздухом, при этом образуется филаментная нить.

Промышленность химических волокон потребляет большое количество воды и различных химических продуктов, таких как серная кислота, едкий натр, сульфат цинка, сероуглерод и др. Например, потребление свежей воды при производстве вискозных волокон составляет **300–1000 м³ на 1 т** выпускаемой продукции в зависимости от ассортимента и используемого технологического оборудования. Вода применяется для приготовления технологических и отделочных растворов, промывки волокон, нитей, пленки, орошения прядильных гнезд, охлаждения оборудования, мойки фильтроматериалов, аппаратов, трубопроводов, емкостей. Существующие системы водоснабжения при производстве вискозных волокон являются, как правило, прямоточными и малоэффективными. Коэффициент водооборота составляет 12–27%.

Производство искусственных волокон связано с выбросом в атмосферу сероводорода и сероуглерода. В среднем по отрасли на 1 т вискозного волокна выбрасывается в атмосферу 0,7–1,0 млн м³ воздуха с концентрацией сероуглерода 0,23–0,5 г/м³. При производстве вискозного волокна выбросы сероуглерода составляют около 27,5 кг/т, а сероводорода – 3 кг/т продукта.

При производстве химических волокон образуется значительное количество отходов (см. табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Отходы производства химических волокон

Волокна	Выбросы, %		
	в атмосферу	со сточными водами	твердые отходы
Искусственные вискозные	82,2 (69% H ₂ и C ₂)	56,1	96,73
Ацетатные	13,5	4,9	0,07
Медно- аммиачные	2,4	3,3	1,80
Синтетические	2,9	35,7	1,40

Сероуглерод является одним из наиболее токсичных и многотоннажных выбросов, поступающих в атмосферу в основном от производства вискозных волокон. Он используется в процессе ксантогенирования щелочной целлюлозы, где его расходуется 80–85%, остальное количество вступает в реакцию со щелочью с образованием тиокарбонатов и сульфидов натрия. Количество сероуглерода зависит от большого числа технологических параметров, поэтому вентиляционные выбросы производств вискозного

волокна содержат различные концентрации сероуглерода и сероводорода. Состав вентиляционных выбросов производства вискозного волокна приводится в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Характеристика вентиляционных выбросов производства вискозных волокон

Волокно	Удельный объем выбросов, м ³ /т продукции	Содержание сероуглерода, г/м ³	Содержание сероводорода, г/м ³
Кордное	350	0,4	0,08
Штапельное	25	5	0,6
Шелковое	70	2	0,02
Целлофановое	50	2	0,5

Снижение выбросов вредных веществ может быть достигнуто в результате осуществления таких мероприятий, как максимальная герметизация прядильно-отделочного оборудования, локализация газовыделения из технологических растворов и из свежеформированного волокна, а также путем перевода побочных продуктов ксантогенирования в устойчивые сернистые соединения. Очистка вентиляционных выбросов производится на газоочистных установках, где улавливается сероводород и окисляется до элементарной серы, а также регенерируется сероуглерод. Степень регенерации сероуглерода составляет примерно 95–96%. При этом сероуглерод возвращается в производство вискозного волокна, а также используется для получения тетрахлорметана, оптического стекла и других продуктов. Воздух после газоочистных устройств и от местных отсосов прядильно-отделочного оборудования с небольшим содержанием вредных примесей поступает на установки термического и термокаталитического обезвреживания, после чего, проходя через высокие трубы, рассеивается в атмосфере.

Для улавливания сероводорода и рекуперации сероуглерода из вентиляционных выбросов используется двухступенчатая газоочистка. На первой ступени происходит улавливание сероводорода, например мокрым способом (щелочным раствором гидрохинона или дисульфогфталоцианина кобальта) с получением коллоидной серы и тиосульфата натрия в виде товарных продуктов. Для этой цели используются форсуночные скрубберы вертикального и горизонтального типа. Степень извлечения сероводорода 95–100%. На второй ступени осуществляется регенерация сероуглерода в адсорберах со стационарным слоем адсорбента. В качестве адсорбента применяются активные угли марок АРТ-2 и СКТ-3 с развитым объемом микропор, обеспечивающие высокую степень очистки. В настоящее время для очистки вентиляционных выбросов внедряются фильтры на основе хемосорбционных и активированных углеволоконистых материалов.

При производстве химических волокон образуется более 10 видов сточных вод, например кислые цинксодержащие, шламовые воды, целлю-

лосодержащие сточные воды и др. Для их очистки применяются локальные установки с последующей их доочисткой на общезаводских и городских очистных сооружениях. В зависимости от принятой технологической схемы очистки сточных вод образуется три вида осадков (шламов): целлюлозные, содовые и известковые (таблица 4.6). Они сбрасываются и хранятся в шламонакопителях.

Таблица 4.6 – Характеристика осадков сточных вод

Показатели	Методы осаждения		
	целлюлозный	содовый	известковый
Влажность, %:			
свежеосажденного осадка	98–99	95–98	98–99
в шламонакопителе	92–95	82–85	85–90
Содержание, % от сухого вещества:			
Zn	–	40–50	5–20
Ca, Mg	2,5–3,0	0,2–0,5	20–35
SiO ₂	5,7	5–6	20–30
Al ₂ O ₃ и Fe ₂ O ₃	0,5	0,5–1,0	1–4
Целлюлоза	85–90	15–20	25–40

ХПК щелочных вязких сточных вод составляет 1500–2000 мг O₂/л. После осаждения оно уменьшается до 300–400 мг O₂/л. Высокое остаточное значение ХПК связано с неполным осаждением целлюлозы и присутствием легкоокисляющихся сернистых соединений (H₂S, SO₂).

4.3 Экологическая характеристика производств основного неорганического синтеза

4.3.1 Производство серной кислоты

Серная кислота производится двумя способами: нитрозным и контактным, отличающимися друг от друга условиями окисления диоксида серы до серной кислоты.

Около 20 % серной кислоты в СНГ вырабатывают *нитрозным методом*, суть которого заключается в окислении диоксида серы оксидами азота, растворенными в серной кислоте. Этот раствор называют *нитрозой*. **Нитрозный процесс** включает стадии: получения диоксида серы; сухой очистки газа; получения серной кислоты (растворением диоксида серы в нитрозе и окисление его оксидами азота); динитрации кислоты; частичного окисления оксидов азота кислородом; поглощения оксидов азота серной кислотой.

Контактный способ основан на окислении диоксида серы кислородом в присутствии катализатора и включает следующие стадии: получение диоксида серы; сухая очистка газа; мокрая очистка газа; сушка газа; окисление диоксида серы; абсорбция диоксида серы серной кислотой.

При производстве серной кислоты в атмосферный воздух вследствие негерметичности оборудования и неполноты превращения диоксида серы в серный ангидрид выбрасываются значительные количества оксидов серы. Например, при одинарном контактировании степень превращения S_0_2 в SO_3 достигает 98% и содержание диоксида серы в отходящих газах превышает допустимые нормы выброса в атмосферу в 5 и более раз. Поэтому для таких систем предусматриваются специальные установки очистки отходящих газов. Получение серной кислоты методом двойного контактирования обеспечивает конверсию до 99,8%, при этом выбросы S_0_2 в атмосферу снижаются в 2–3 раза по сравнению с одностадийным контактированием и никакой дополнительной очистки газа не требуется. Производительность системы увеличивается на 20–25%. Если при одинарном контактировании концентрация диоксида серы в выхлопных газах составляет 0,15–0,25% об., а выбросы диоксида серы на 1 т производимой кислоты – 13–15 кг, то при двойном контактировании эти показатели составляют 0,03–0,05% об. и 2–3 кг соответственно.

Неорганизованные выбросы аэрозолей серной кислоты от олеумных установок составляют от 0,5 до 5 кг/т готовой продукции, причем 85–95% масс, частиц тумана от этих установок имеют диаметр менее 2 мкм.

Для очистки отходящих газов сернокислотного производства наиболее широко используются аммиачные способы: аммиачно-сульфатный с получением товарного сульфата аммония или его растворов и аммиачно-циклический с получением 100%-ного диоксида серы и товарного бисульфита аммония. Указанные способы очистки газов позволяют утилизировать диоксид серы и одновременно получить ценные продукты.

При получении диоксида серы из пиритного сырья образуется пиритный огарок, состав которого определяется составом пиритного концентрата. В настоящее время при производстве строительных материалов, в частности цемента, а также в сельском хозяйстве утилизируется около 80% пиритных огарков. Кроме того, выходящий из обжиговой печи газ загрязнен огарковой пылью и другими примесями. Концентрация пыли в диоксиде серы в зависимости от конструкции печей составляет от 1 до 200 г/м³. Объем обжиговых газов составляет сотни тысяч кубометров в сутки. Перед переработкой эти газы очищают в циклонах и электрофильтрах до остаточного содержания пыли около 0,1 г/м³. Поэтому при очистке газов образуются отходы в виде пыли, шламов промывных башен, собирающихся в отстойниках, сборниках и холодильниках, а также шламов электрофильтров. Эти отходы приводят к загрязнению сточных вод производства серной кислоты.

Основными направлениями технического прогресса в сернокислотном производстве являются:

- разработка способов получения серной кислоты из концентрированного газа (до 50–70% S_0_2) с использованием технического кислорода (трехступенчатой конверсией);

- разработка мощных серноокислотных систем под повышенным давлением – прямоточной и циклической.

При прямоточной системе абсорбция SO_3 происходит под давлением 1,1 МПа в абсорбере, здесь же производится растворение в серной кислоте непроконвертированного диоксида серы. Конечная степень конверсии 99,9%. Выброс диоксида серы на 1 т кислоты составляет примерно 0,3 кг, т. е. система является практически безотходной.

В циклической системе комплексно используются все факторы повышения интенсивности процесса и приближения его к безотходной технологии: концентрированные газы, оптимальные температуры, активные и устойчивые в работе катализаторы, повышенное давление, интенсивные аппараты с кипящим и пенным слоем, рецикл по газу и др. (степень использования диоксида серы составляет 99,95%).

4.3.2 Производство фосфорной кислоты и фосфорных удобрений

Фосфорную кислоту получают двумя способами: вытеснением ее из природных фосфатов более сильными кислотами (метод экстракции) и восстановлением природных фосфатов до элементарного фосфора с последующим его сжиганием и гидратацией образующегося при этом оксида фосфора (V) (термический метод).

На Гомельском химическом заводе производится экстракционная фосфорная кислота путем разложения апатитового концентрата серной кислотой. При этом наиболее вредным веществом является фтор и его соединения. При получении экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) полугидратным способом с последующим производством аммофоса на ее основе можно утилизировать в виде кремнефтористо-водородной кислоты 60% фтора, содержащегося в фосфатном сырье. В данном случае 20–25% фтора переходит в состав ЭФК, а 10–15% фтора остается в твердой фазе с полугидратом сульфата кальция.

При получении ЭФК дигидратным методом 75–80% фтора остается в дигидрате сульфата кальция в неразложенном состоянии и только 15–20% фтора выделяется в газовую фазу в виде HF и SiF_4 , которые абсорбируются водой с образованием кремнефтористо-водородной кислоты. При дальнейшем концентрировании дигидратной ЭФК упаркой до 54% P_2O_5 выделяется и улавливается дополнительное количество фтора. Таким образом можно утилизировать около 80% фтора, содержащегося в сырье.

Если неупаренную ЭФК перерабатывать в аммофос, то весь фтор, находящийся в кислоте (75–80% от его содержания в сырье), остается в аммофосе в виде кремнефторида аммония.

Таким образом, при производстве ЭФК в воздушный бассейн могут поступать соединения фтора, оксиды серы, фосфора, неорганическая пыль и ряд других вредных веществ.

Сточные воды производства ЭФК кислые, их количество в зависимости от типа технологии колеблется от 2,9 до 28,4 м³ на тонну Р₂О₅. Они содержат соединения фтора и фосфора в значительных концентрациях. Так, например, стоки Гомельского химического завода, поступающие на станцию нейтрализации, содержат 7760–7800 мг/л фтора, 4996–8510 мг/л Р₂О₅ и 5,613 – 1060 мг/л взвешенных частиц. При нейтрализации сточных вод образуется фторфосфатный шлам, содержащий в пересчете на сухое вещество 25% Р₂О₅ и 5–10% фтора. На Гомельском химическом заводе такого шлама может образовываться ежегодно 75 тыс. т при работе завода на проектной мощности, что приводит к значительным потерям ценных компонентов и загрязнению окружающей среды токсичными отходами. Количество теряемого со шламом фосфора составляет 4–6 тыс. т/год.

При производстве ЭФК на тонну Р₂О₅ получается 4–6 т фосфогипса в зависимости от качества перерабатываемого сырья. На Гомельском химическом заводе ежегодно образуется около 300 тыс. т, а после внедрения технологии получения ЭФК по полугидратному способу его объемы превысят 1 млн т. К настоящему моменту в отвалах Гомельского химического завода накопилось более 13 млн т фосфогипса.

Транспортировка фосфогипса в отвалы, устройство экранов, нейтрализация сточных вод, образующихся при его хранении, и предотвращение поступления фтора и фосфора в почву и подземные водные горизонты связаны со значительными капитальными затратами. Так, удаление и хранение фосфогипса в отвалах оценивается в 20 долларов США на 1 т производимого Р₂О₅ с учетом эксплуатационных затрат.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, фосфогипс может использоваться в сельском хозяйстве, промышленности строительных материалов и изделий (производство цемента, строительного гипса и других вяжущих материалов), в автодорожном строительстве, в качестве сырья для получения серной кислоты. После предварительной обработки фосфогипс может найти применение в качестве наполнителя вместо каолина и других материалов, используемых в производстве бумаги, пластмасс, резинотехнических изделий, лакокрасочной и другой продукции. В настоящее время на различные цели используется ежегодно около 4% образующегося фосфогипса.

На основе ЭФК производится значительное количество минеральных удобрений, среди которых ведущее место занимают суперфосфаты, аммонийные фосфаты, сложносмешанные и комплексные удобрения. При их производстве в атмосферный воздух и сточные воды поступают фтор, сера, кремний, кальций, железо, оксиды азота, селена, мышьяка и т.д. При производстве 1 т удобрений (100% Р₂О₅) в окружающую среду поступает 3–5 т твердых отходов, 20–25 кг вредных веществ с отходящими газами, 25–60 м³ сточных вод различной степени загрязненности. Так, например, основными источниками вредных выбросов в производстве двойного

суперфосфата являются реакторы разложения, барабаны-грануляторы-сушилки (БГС), сушильные барабаны, холодильники готового продукта (аппараты КС). Концентрация пыли в пылегазовых потоках этих аппаратов составляет 0,12–12,0 г/м³, а фтористых соединений 0,08–3,4 г/м³. При сушке суперфосфата в отходящих газах наряду с фтористыми соединениями содержатся оксиды фосфора.

В процессе производства аммофоса в окружающую среду выделяются газообразный аммиак, фтористые соединения, пыль, содержание которых колеблется в пределах 0,2–10,0; 0,01–0,3 и 1,7–70,0 г/м³ соответственно. Основными источниками выбросов являются сатураторы-аммонизаторы-испарители (САИ), БГС, аппараты КС и распылительные сушилки.

При производстве нитрофоски источниками выбросов являются реакторы разложения фосфатов, сушилки-грануляторы, барабаны для охлаждения нитрофоски, а также сепарационные выбросы (от киповального пресса, выгрузочных воронок, барабанных грохотов, конвейеров, силосов и т.д.). Основное количество токсичных соединений, таких как аммиак, оксиды азота, фтористые соли, выделяется на стадии разложения апатита и аммонизации. Так, газы реакторов разложения содержат (г/м³): оксидов азота 10–12, аммиака 0,3–6,5, фтористых соединений 0,45–4,1. Пыль основного продукта выделяется на стадии сушки и охлаждения в количестве 2,5–27 г/м³, из аспирационных систем – 6–80 г/м³ воздуха.

Удельные выбросы вредных веществ в атмосферу при производстве фосфорных удобрений представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Удельные выбросы вредных веществ в атмосферу при производстве минеральных удобрений, кг/т

Удобрения, на 1 т Р ₂ О ₅	Проектные удельные показатели	Фактические удельные показатели
Суперфосфат простой	2,5	4,8
Суперфосфат двойной	2,7	5,8
Обесфторенные фосфаты	2,5	5,5
Аммофос	3,2	5,0
Нитроаммофос	4,7	8,6
Нитроаммофоска	12,5	23,1
ЭФК	0,7	1,6
Серная кислота, т моногидрата	2,0	1,3–10,0

4.3.3 Производство аммиака и продуктов на его основе

В основе производства синтетического аммиака, из которого получают азотную кислоту, аммиачную селитру, карбамид и другие продукты, лежит фиксация азота из атмосферного воздуха. В качестве источника водорода

используется природный газ. Технология производства аммиака представляет собой многостадийный процесс с использованием большого количества оборудования. При эксплуатации этого оборудования в атмосферу могут выделяться аммиак, метан, оксиды углерода. Так, из системы продувки, регенерации и конверсии удельные выбросы этих соединений составляют для производства с метанатором: аммиака – 100, метана – 45 кг/т готовой продукции, а от производства с абсорбером оксида углерода и системой регенерации: аммиака 105, метана – 45 и оксида углерода – 100 кг/т готовой продукции.

При производстве азотной кислоты воздух может загрязняться оксидами азота (нитрогазы), представляющими собой желто-бурые выбросы из выхлопных труб, так называемые «лисьи хвосты», объем которых достигает в зависимости от производительности установки 5–12 т/сут. Удельные выбросы оксидов азота при получении концентрированной азотной кислоты составляют 25–27,5 кг/т кислоты. Для улавливания и обезвреживания выбросов оксида азота используются абсорбционные и адсорбционные методы очистки, а также каталитическое восстановление оксидов на палладиевом или ванадиевом катализаторе. Удельные выбросы оксидов азота при производстве азотной кислоты могут достигать значений, приведенных в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Удельные выбросы оксидов азота при производстве азотной кислоты

Тип процесса	Удельные выбросы NO, кг/т HNO ₃		
	NO _x		N ₂ O
	диапазоны	средняя величина	средняя величина
Низкое давление	3,6–8,6	3,5	0,8
Среднее давление	5,0–12,0	7,5	0,8
Высокое давление	1,5–5,0	3,0	0,8
Прямой процесс получения концентрированной HNO ₃	0,1–1,0	5,0	–

Газовые выбросы производства карбамида образуются на стадиях концентрирования растворов, грануляции, кристаллизации и охлаждения гранул. Они представляют собой газоздушную смесь с примесями аммиака и пыли готового продукта. Завод мощностью 600 тыс. т карбамида в год может выбросить в атмосферу 4,2 т продукта и 5,5 т аммиака в год, причем основное количество карбамида выносится из грануляционных башен (3,7 т/год), а аммиака – с выбросами парожеткторных вакуум-насосов (4,4 т/год). При выбросе из грануляционной башни воздуха в количестве 110–120 тыс. м³/ч в атмосферу выносится 150 кг/ч карбамида и 20–30 кг/ч аммиака.

Технология производства аммиачной селитры включает ряд последовательных операций, сопровождающихся образованием значительных объемов газоздушных выбросов, содержащих пылевые и газовые примеси. Так, концентрация пыли в выбросах грануляционных башен, выпарного аппарата и аппарата использования тепла реакции нейтрализации (ИТН) составляет 0,036–7,6 г/м³, а аммиака 0,005–175 г/м³: Потери аммиачной селитры с выбросами из грануляционной башни составляют 3,6 кг/т продукта, концентрация пыли изменяется в пределах 100–150 мг/м³. Все газоздушные выбросы подвергаются мокрой очистке, а сточные воды – нейтрализации и очистке.

4.3.4 Производство калийных удобрений

Основным видом калийных удобрений является хлорид калия, который получают галургическим или флотационным способом. Производство калийных удобрений в Беларуси сосредоточено в ПО «Беларуськалий», которое наносит громадный экологический ущерб региону. Некомплексная переработка сильвинита, непрерывный рост объема складированных галитовых отходов и глинисто-солевых шламов приводят к отчуждению больших территорий сельскохозяйственных площадей. В настоящее время количество галитовых отходов в солеотвалах превышает 400 млн т, в шламонакопителях находится более 47 млн т глинисто-солевых шламов. Площадь, занимаемая солеотвалами, превышает 700 га, а шламохранилищами – 850 га. Ежегодно в результате деятельности объединения образуется более 13 млн т галитовых отходов и около 1,3 млн т глинисто-солевых шламов, для хранения которых изымается более 105 га земель. Кроме того, следует иметь в виду, что вместе с галитовыми отходами теряется около 950 тыс. т хлорида калия, а с глинисто-солевыми шламами потери продукта превышают 1,1 млн т в год. Для обеспечения снижения потерь полезного компонента при переработке сильвинита необходимо организовать полную утилизацию глинисто-солевых шламов, что позволит увеличить объем выпускаемой продукции и снизить экологический ущерб.

При проведении основных стадий технологического процесса получения калийных удобрений (дробление руды, сушка готового продукта и грануляция) в атмосферный воздух поступают: **пыль сильвинита, хлорид калия, хлорид водорода, амины и другие вещества**. Кроме того, при сушке хлорида калия в атмосферу выделяются с дымовыми газами оксиды азота, серы, углерода, сажа и другие продукты неполного сгорания топлива. В связи с этим все источники газо- и пылевыведения оборудуются системами двух- или трехступенчатой очистки и обезвреживания выбросов.

Тема 5 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

5.1 Объекты теплоэнергетики и пути совершенствования их технологий, обеспечивающие снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду

Существует неразрывная связь и зависимость условий обеспечения теплоэнергопотребления и загрязнения окружающей среды. Взаимодействие этих двух факторов жизнедеятельности человека и развитие производственных сил привлекает постепенное внимание к проблеме взаимодействия теплоэнергетики и окружающей среды.

На ранней стадии развития теплоэнергетики основным проявлением этого внимания был поиск в окружающей среде ресурсов, необходимых для обеспечения теплоэнергопотребления и стабильного теплоэнергоснабжения предприятий и жилых зданий. Далее границы проблемы охватили возможности более полного использования природных ресурсов путем изыскания и рационализации процессов и технологии, добычи и обогащения, переработки и сжигания топлива, а также совершенствования теплоэнергетических установок.

С ростом мощностей теплоэнергетических станций и систем возникла задача ограничения загрязняющих выбросов в воздушный и водный бассейны и более полного использования естественной рассеивающей способности. На современном этапе проблема взаимодействия теплоэнергетики и окружающей среды основывается на влиянии на огромные территории (озера, реки, атмосфера и гидросфера Земли). С развитием ядерной энергетики возникли абсолютно новые проблемы взаимодействия.

Теплоэнергетики является одной из основных составляющих энергетики и включает в себя процесс производства тепловой энергии, транспортировки, рассматривает основные условия производства энергии и побочные влияния отрасли на окружающую среду, человека и животных.

Процесс производства тепловой энергии осуществляется на тепловых электрических станциях (ТЭС) и тепловых электрических центрах (ТЭЦ), которые являются основными поставщиками тепловой и электрической энергии. Теплоэнергетика включает в себя получение, переработку, преобразование, хранение и использование энергоресурсов и энергоносителей всех типов. Развитие теплоэнергетики характеризуется ускорением темпов роста, изменением всех количественных показателей и структуры топливно-энергетического баланса, глобальным охватом всех видов ресурсов органического топлива, вовлечением в сферу использования ядерного горючего.

Различают три стадии трансформации первичных тепловых ресурсов (от их природного состояния, находящегося в динамическом равновесии с окружающей средой, до конечного использования):

1. Извлечение, добыча или прямое использование первичных природных ресурсов тепловой энергии.

2. Переработка первичных ресурсов до состояния, пригодного для преобразования или использования.

3. Преобразование связанной энергии переработанных ресурсов в тепловую энергию на ТЭС и ТЭЦ, на котельных.

Эти стадии основаны на различных физических, физико-химических и технологических процессах, отличаются масштабами, временем функционирования.

Теплоэнергетика оказывает влияние на разные компоненты окружающей среды: **на атмосферу** (потребление кислорода воздуха, выбросы газов, паров, твердых частиц), **на гидросферу** (потребление воды, переброска стоков, создание новых водохранилищ, сбросы загрязненных и нагретых вод, жидких отходов), **на литосферу** (потребление ископаемых топлив, изменение водного баланса, изменение ландшафта, выбросы на поверхности и в недра твердых, жидких, газообразных токсичных веществ).

При анализе взаимодействия теплоэнергетики и окружающей среды рассматриваются процессы происходящие при сжигании топлива, так как на этой стадии образуется огромное количество вредных соединений (оксиды азота, серы, сажа, соединения свинца, водяной пар). Это примесные выбросы. После их выпадения могут появиться в виде: осадения тяжелых фракций, распада на компоненты по массе и размерам, химических реакций с компонентами воздуха, взаимодействием с воздушными течениями, с облаками, с атмосферными осадками, фотохимические реакции. В результате состав выбросов может существенно измениться, могут появиться новые компоненты, поведение и свойства которых (токсичность, активность, способность к новым реакциям) могут значительно отличаться от данных.

Газообразные выбросы образуют соединения углерода, серы и азота. Оксиды азота практически не взаимодействуют с другими веществами в атмосфере и время их существования почти не ограничено. Сернистый ангидрид один из токсичных газообразных выбросов теплоэнергоустановок, с небольшой продолжительностью пребывания в атмосфере, в присутствии кислорода воздуха доокисляется до SO_3 и, взаимодействуя с водой, образует слабый раствор серной кислоты. В процессе горения в атмосфере кислорода воздуха азот образует ряд соединений (оксиды азота всех степеней окисления). NO_2 в присутствии влаги вступает во взаимодействие с кислородом и образует азотную кислоту.

Поступление токсичных веществ в окружающую среду прежде всего отражается на здоровье населения, ухудшается качество продукции сельского хозяйства, снижается урожайность, оказывается влияние на климатические условия, состояние озонового слоя, происходит гибель флоры и фауны.

Примесные загрязнения могут суммарно воздействовать на естественный круговорот и материальные балансы тех или иных веществ между атмосферой, гидросферой и литосферой.

Основным фактором влияния ТЭЦ и ТЭС с водной средой является потребление воды системами технического водоснабжения, в том числе и безвозвратное водопотребление. Основная часть расхода воды в этих системах идет на охлаждение конденсаторов паровых турбин. Остальные потребители технической воды (системы золо- и шлакоудаления, химводоочистки, охлаждения и промывки оборудования) потребляют 7% общего расхода воды, при этом выступая основными источниками примесных загрязнений.

Атомные электростанции воздействуют на водный бассейн влияя на некоторые растения и вещества, некоторые из них накапливают радиоактивные изотопы. При существующих условиях воздействия ядерной теплоэнергетики на гидросферу освоенные типы ядерных теплоэнергетических установок не представляют собой угрозы нарушения локальных и глобальных равновесных процессов в гидросфере и ее взаимодействие с другими оболочками Земли (за исключением аварийных ситуаций, вызывающих загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами). Все другие виды воздействия АЭС на гидросферу и литосферу, не связанные с радиоактивностью, качественно не отличаются от аналогичных воздействий ТЭС и ТЭЦ.

Основные примесные выбросы энергетических объектов в гидро- и литосфере – твердые частицы, выносимые в атмосферу дымовыми газами и оседающие на поверхности (пыль, зола, шлаки), горючие компоненты продуктов обогащения, переработки и транспортировки топлив.

Выбросы теплоты являются основным фактором взаимодействия теплоэнергетических объектов с окружающей средой. Выделение ее происходит на всех стадиях преобразования химической энергии органического вещества или ядерного топлива для выработки тепловой энергии. Большая часть теплоты, получаемой при охлаждении паровых турбин, передается в водоемы, водотоки и далее в атмосферу. Вследствие этого повышается и температура водоемов.

Существуют способы снижения загрязняющих выбросов. При сжигании выбросов соединений серы, при сжигании органического топлива, существуют некоторые подходы: сероочистка дымовых газов и удаление серы из топлива до его сжигания. Методы: известняковый, известковый, двухцикличный щелочной, каталитическое окисление, газификация топлив, пиролиз.

Снижение выбросов твердых частиц с продуктами сгорания ведется с помощью способов: использование золоулавителей (инерционные или мокрые), тканевых и электрофильтров.

Снижение загрязняющих выбросов АЭС: создание специализированных систем по обезвреживанию и удалению радиоактивных отходов (коагуляция, выпарка, сорбция на смолах).

Также еще одним способом снижения вредных воздействия считается усовершенствование тепловых систем, развитие теплофикации (одновременная выработка тепла и энергии), укрупнение установок теплоэнергетики, использование вторичных энергетических ресурсов, внедрение новых

термодинамических циклов, развитие систем аккумуляции энергии, использование возобновляемых источников энергии (солнечная, электростанции, геотермальная энергия).

5.2 Объекты гидроэнергетики и объекты атомной энергетики

5.2.1 Гидроэнергетика

Гидроэнергетика – область хозяйственно-экономической деятельности человека, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования энергии водного потока в электрическую энергию.

Во все времена воды была важнейшим фактором, определяющим условия жизни и развитие производительных сил. Строительство гидротехнических сооружений для орошения, водоснабжения, борьбы с наводнениями, судоходства, использования водной энергии для подъема воды в оросительные каналы, для водяных мельниц осуществлялись с древнейших времен и имели важное значение для развития цивилизации.

Принципиально новый этап применения водных ресурсов начался с 20 века с развитием электроэнергетики, обеспечивающей возможность эффективного использования гидроэнергоресурсов.

Вопросам влияния водохранилищ и ГЭС на окружающую среду уделялось ограниченное внимание, и хотя казалось, что природные ресурсы беспредельны, уже начали проводиться исследования по его оценке.

Учитывая, что и в естественных условиях элементы экосистем постоянно испытывают циклические или необратимые преобразования, экологическое равновесие является динамическим. Исходя из этого, масштабы и уровень вмешательства в природную среду и соответственно ее изменений должны обеспечить возможность ее восстановления и саморегулирования и не превысить допустимый предел, вызвав нарушение экологического равновесия.

Создание гидроэнергетических объектов с водохранилищами комплексного назначения, в отличие от эволюционно сформировавшихся природных водных объектов, происходит за исторически короткий срок, и мы наблюдаем в первую очередь начальный этап формирования и становления их экосистем – наиболее тяжелый и уязвимый для внешних и внутренних воздействий. Причем чем «здоровее» было исходное состояние водного объекта, нарушенное созданием водохранилища, тем легче и быстрее проходит этап адаптации с минимальными негативными последствиями для окружающей среды. При этом происходят качественная перестройка, преобразование экосистем водного объекта с возникновением новых водных экосистем. В чем состоят эти изменения, где пределы допустимых воздействий, как сохранить устойчивость новых экосистем, – ответы на эти

вопросы приобретают первостепенное значение. Ведь необходимо обеспечить их гомеостатическое состояние, чтобы развитие экосистем по новому пути было устойчивым и предсказуемым.

В зону влияния гидроэнергетических объектов с водохранилищами входят: Район гидроузла с водохранилищем и прилегающая к ним территория по всему периметру в пределах подпора, где сказывается влияние водохранилища на гидрологию, гидрогеологию, геологические процессы, климат, рельеф, почвы, растительный и животный мир и др.

Зона нижнего бьефа, включающая участок реки до впадения в море, озеро или нижерасположенное водохранилище в условиях каскада ГЭС, где проявляется влияние ГЭС на гидрологию, геологические процессы, климат, почвы, растительный и животный мир и др.

Участок реки и водосборной площади, где сказывается их влияние.

Гидроэнергетические объекты с водохранилищами и элементами окружающей среды в зоне их влияния, включая зону нижнего бьефа, а также их водосборную площадь, являющиеся единой сложной системой, в которой все подсистемы взаимодействуют и связаны между собой.

При создании водохранилищ в большинстве случаев можно выделить три стадии формирования новых экологических условий.

Для первой стадии, которая совпадает с периодом заполнения водохранилища и первых лет эксплуатации, характерно резкое нарушение природного равновесия и сложившихся связей природных комплексов с изменением режимов грунтовых вод, почв, отмиранием одних и появлением других видов растений и животных.

Во второй стадии происходит направленное формирование природной среды, увязка ее компонентов и образуется новый природный комплекс.

В третьей стадии складывается новое динамическое равновесие природной среды.

Для обеспечения растущих потребностей в воде и энергии к началу XXI века в мире было построено более 45000 больших плотин с водохранилищами, в том числе в Китае – 22000, в США – 6575, в Индии – 4291, в Японии – 2675. Существовая весьма продолжительное время, многие из них нуждаются в реконструкции для соответствия современным требованиям.

В целом постоянно растущая техногенная нагрузка на окружающую среду вызвала в последние десятилетия XX в. ухудшение экологической ситуации во многих странах, наиболее остро встали вопросы нахождения рационального равновесия между экономическими и социальными потребностями общества и сохранением окружающей среды. Проблема охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности вышла за пределы национальных границ и превратилась в одну из глобальных проблем, стоящих перед мировым сообществом в XXI в.

Общий вклад гидроэнергетики в производстве электроэнергии достаточно скромно – в мировых масштабах он составляет около 6%. В то же

время во многих странах этот показатель достаточно высок: Норвегия с помощью ГЭС полностью удовлетворяет свои потребности, Бразилия, Канада и Швеция – на 50%, а Россия – на 20%. Большие надежды на потенциал своих рек возлагает правительство Китая, так как страна просто задыхается от смога, главным источником которого являются тепловые электростанции, работающие на каменном угле.

Самая главная проблема развития гидроэнергетики – это **отчуждение** значительных территорий (в том числе и плодородных земель) под водохранилища. Например, в той же России, в процессе строительства ГЭС под водой оказалась площадь не менее 6 млн. гектаров. Понятно, что местная экосистема при этом была полностью разрушена.

Необходимо также отметить, что и окружающие водохранилища земли подвергаются периодическому **затоплению** из-за повышения уровня грунтовых вод. Их, как правило, переводят в разряд заболоченных, при этом их доля может составлять до 10% от всех подвергшихся затоплению.

Еще одна проблема – **абразия**, которая подразумевает разрушение в результате воздействия воды береговой линии. Такие процессы, как правило, могут длиться целыми десятилетиями, и их следствием становится переработка больших объемов грунта. Это приводит к таким негативным процессам, как загрязнение воды и резкое увеличение заиления самих водохранилищ.

Такие последствия позволяют делать вывод о том, что строительство ГЭС с соответствующей организацией водохранилищ резко меняет **гидрологический режим** задействованных рек и приводит к серьезным изменениям имеющихся экосистем.

Нельзя не отметить и постоянно **снижение качества воды** в водохранилищах. В них происходит аккумуляция попавшей под воду разлагающейся органики (деревья, гумус почвы, другие остатки растительного происхождения) из-за слабых водообменных процессов

Также в водохранилищах наблюдается существенное **прогревание** воды в теплый период, что приводит к снижению в ней кислорода и развитию других негативных процессов, связанных с так называемым тепловым загрязнением. В результате последнего, а также благодаря накоплению биогенных составляющих из-за слабого обновления водных масс, происходит интенсивное зарастание искусственных водоемов водорослями, в том числе и ядовитыми (например, цианями).

Это приводит к гибели многих видов местных экосистем, возрастает заболеваемость рыб при снижении их вкусовых качеств. При этом разрушаются традиционные пути миграции различных видов рыб во время нереста, разрушаются их кормовые угодья. Так, Волга уже давно утратила свое предназначение, как путь для нереста осетровых с Каспийского моря после того, как она стала практически целой чередой ГЭС и водохранилищ.

Перекрыв реки, гидроэлектростанции фактически становятся **аккумуляторами** не только биогенных веществ, но также тяжелых металлов, радиоактивных элементов и ядовитых химикатов.

Следует обратить также внимание и на следующую проблему. Большие площади водной поверхности предполагают и соответствующее увеличение испарение воды. Это приводит к **изменению микроклимата**, с соответствующим воздействием на местную экосистему (при этом не всегда положительным). Так, в некоторых южных регионах, находящихся в районе водохранилищ, пришлось пересмотреть основные пути развития сельского хозяйства.

В то же время все эти негативные последствия резко снижаются при строительстве таких гидросооружений в горных местностях, так как площадь водохранилищ (при том же объеме) здесь значительно меньше. Здесь существуют свои проблемы – в сейсмоопасных районах возможны землетрясения и оползни, которые чреваты серьезными катастрофами в результате разрушения плотины и резкого сброса огромных водяных масс.

Потенциальные гидроэнергетические ресурсы Республики Беларусь и экологически приемлемые, экономически оправданные возможности их использования обусловлены расположением в середине ее равнинной территории водораздела между бассейнами Балтийского и Черного морей, который делит страну на две почти равные части, вследствие чего вытекающие отсюда реки не могут достигнуть значительной мощности прежде, чем оставляют ее границы. Это предопределяет строительство в республике главным образом малых гидроэлектростанций.

Запасы гидроэнергоресурсов Республики Беларусь составляет теоретический потенциал ее рек - около 7,5 млрд. кВт. часов в средний по водности год, а его часть, которая путем выработки электроэнергии на ГЭС или иными техническими средствами может быть использована (технический потенциал), – 2,5–3,0 млрд. кВтч/год.

В настоящее время экономический гидроэнергетический потенциал в Республике Беларусь составляет 1,3 млрд. кВт-ч/год, или 325 МВт общей установленной мощности возможных ГЭС в условиях Беларуси. Его оценка проведена на основе сравнения удельных (отнесенных на производство 1 кВт-ч электроэнергии, в долл. США/кВтч) дисконтированных затрат по ГЭС с таковыми по альтернативной тепловой (газотурбинной) электростанции.

Энерго-экономическая и общественная эффективность освоения в условиях Беларуси располагаемых гидроэнергетических ресурсов определяется следующими преимуществами ГЭС по сравнению с альтернативными им тепловыми электростанциями:

- отсутствием выбросов вредных веществ в атмосферу при функционировании ГЭС;
- относительно низкой себестоимостью вырабатываемой на ГЭС электроэнергии (так, в России в 1997 г. она составила 1,3 копейки на 1 кВт-ч, тогда как себестоимость электроэнергии на тепловых электростанциях – 10,7 к/кВт-ч);

- высокой маневренностью ГЭС в процессе обеспечения потребителей электроэнергией, что позволяет вырабатывать более дорогую пиковую электроэнергию, тарифы на которую в несколько раз превышают тарифы на базовую электроэнергию (в России стоимость пиковой электроэнергии, поставляемой с федерального оптового рынка в дефицитные энергосистемы в 5,5 раз выше, чем стоимость поставки ночной электроэнергии);

- возобновляемостью (неистощимостью) энергоресурсов рек и их повсеместной распространенностью;

- возможностью улучшения многоцелевого (комплексного) водопользования вследствие создания водохранилищ ГЭС.

В настоящее время в Республике Беларусь действует два десятка малых ГЭС, большая часть из которых восстановлена, начиная с 1992 года, из числа ранее заброшенных.

Всего в Беларуси 52 гидроэлектростанции. Их установленная электрическая мощность – 96,2 МВт. Крупнейшие – Витебская и Полоцкая ГЭС. В прошлом году ими суммарно выработано 236 млн кВт.ч электроэнергии, что позволило сэкономить свыше 75 тыс. т условного топлива.

Энергия океана

Для получения энергии океана применяются технологии, основанные на использовании кинетической и тепловой энергии морской воды – например, волн или течений – в целях производства электричества или тепла.

Океанические энергетические системы до сих пор находятся на ранней стадии разработки; в настоящее время тестируется ряд прототипов устройств, использующих волны и приливные течения. Теоретически энергия океана может легко превысить нынешние потребности человека в энергии.

Энергия приливов и отливов

Преобразование энергии приливов и отливов в электроэнергию производится на приливных электрических станциях двумя способами:

1. Первый способ по принципу преобразования энергии аналогичен преобразованию энергии на гидроэлектростанции путем вращения турбины, связанной с электрогенератором;

2. При втором способе используется энергия движения воды; данный способ основан на перепаде уровня воды при приливах и отливах.



Энергия волн

Энергия волн используется для получения механической и электрической энергии. Преобразование происходит на специальных волновых электростанциях, принцип работы которых основан на оказании воздействия волн на следующие применяемые устройства: поплавки, маятники, лопасти. Перемещение данных устройств образует механическую энергию, которая далее при помощи электрогенератора преобразуется в электроэнергию.

Энергию приливов и отливов используют для вращения турбин.

Принцип работы ПЭС:

1. строится плотина с гидроагрегатами в устье реки, заливе;
2. бассейн, который находится за плотиной, наполняется течением.

Вода проходит через турбины, а при отливе уходит в море. При этом турбины вращаются в обратном направлении.

Приливные электростанции зависят от гравитационных сил Луны и Солнца, рельефа местности, суточных приливов.

Технология получения приливной энергии: колебания океана возникают вследствие взаимного притяжения между Луной, Землей и Солнцем. Величина прилива под воздействием Луны в 2,2 раза больше солнечного. Амплитуды и формы волн на разных побережьях различаются. ПЭС используют естественно возобновляемую энергию приливов. Она вращает лопасти и преобразуется в электрическую.

Преимущества:

1. нет выбросов CO₂, что снижает эмиссию парниковых газов.
2. низкая и стабильная стоимость, т.к. основной ресурс – дождевая вода, которая может использоваться повторно в отличие от ископаемых углеводородов.
3. операционная гибкость – ГЭС меняет объемы выработки в период пиковых показателей потребления.
4. поддержка сети – постоянно доступный источник энергии, обеспечивающий надежное электроснабжение возобновляемой энергии.
5. обеспечение безопасности – ГЭС могут использоваться для управления речными потоками для предотвращения наводнений.
6. неиссякаемость источника.
7. отсутствие в добыче топлива.
8. доступность.
9. экологическая чистота производства.
10. высокий КПД, естественный бассейн и не создаются зоны затопления.

Проблемы использования энергии приливов и отливов

Принципы работы ПЭС тщательно продуманы и прописаны. Существуют условия, которые человек может выполнить не всегда. Приливная энергия подчиняется лунным суткам. Для мощной энергии воды необходимы специальные условия. Есть местности, где вода во время приливов

поднимается на достаточно высокий уровень. Такие рельефы можно найти в Англии, Канаде, Норвегии, России, Китае, Франции.

Приливные станции целесообразно возводить, если рядом есть крупные предприятия. В противном случае использование энергии приливов будет экономически нерентабельно. Если станция находится далеко от места использования придется тянуть линии электропередач. ПЭС можно строить только на берегах морей, океанов. Они не развивают высокую мощность.

5.2.2 Атомная энергетика

Атомная энергетика – важнейшая подотрасль глобальной энергетики. Себестоимость электроэнергии, которую сегодня вырабатывают АЭС, позволяет серьезно конкурировать с другими типами электростанций. Явное преимущество АЭС - они не загрязняют атмосферу вредными выбросами и не являются источником эмиссии парниковых газов.

Для Беларуси АЭС – это безопасный, мощный и экологически чистый источник электроэнергии. Она способствует развитию национальной ядерной инфраструктуры, содействует развитию новых для страны компетенций в области ядерных и радиационных технологий и дальнейшему внедрению передовых технических решений в энергетике, промышленности и других отраслях экономики, открывает дополнительные возможности для создания современных энергоемких производств.

На сегодня десять стран, включая Беларусь, работают над программами развития ядерной энергетики. Всего в мире работает 439 атомных электростанций в 30 странах. Белорусская АЭС – строящаяся атомная электростанция. Стройплощадка расположена у северо-западной границы Беларуси в 18 километрах от города Островец Гродненской области. Для Белорусской АЭС выбран российский проект "АЭС-2006" с ВВЭР поколения «три плюс». Проект отличается повышенными характеристиками безопасности, технико-экономическими показателями и полностью соответствует международным нормам и рекомендациям МАГАТЭ по ядерной и радиационной безопасности. Справочно: Белорусская АЭС будет состоять из двух энергоблоков суммарной мощностью до 2400 (2x1194) МВт. Основные целевые технико-экономические характеристики АЭС-2006: – установленная номинальная мощность энергоблока – 1194 МВт(э); – число энергоблоков – 2; – проектный срок эксплуатации энергоблока – 60 лет; - коэффициент полезного действия – 36,56%; – расход электроэнергии на собственные нужды станции – не более 7,15% от номинальной мощности.

Ядерная энергетика – это отрасль, занимающаяся производством двух видов энергии: тепловой и электрической. Ядерную энергетику можно отнести к относительно дешевым и долгосрочным видам энергии. Именно использование ядерной энергии позволяет получать такой объем энергоносителей, позволяющий удовлетворять нужды человечества. Другие

источники, к сожалению, не способны выполнить эту задачу, стоящую перед атомной энергией. Производство ядерной энергии является очень важным элементом развития энергетической отрасли. Однако же она является постоянно предметом дискуссий. Сторонники ядерной энергетики поддерживают важность ее развития. Они убеждены, что она не требует больших затрат на топливо, надежна и экологична. Противники же не согласны с мнением о ее безопасности и надежности. Они считают, что опасность связана с возможностью возникновением аварий, угрозой террористической атаки и, конечно, сложностью переработки радиоактивных отходов.

Преимущества:

Огромная энергоемкость: 1 килограмм урана с обогащением до 4%, используемого в ядерном топливе, при полном выгорании выделяет энергию, эквивалентную сжиганию примерно 100 тонн высококачественного каменного угля или 60 тонн нефти.

Повторное использование: расщепляющийся материал (уран-235) выгорает в ядерном топливе не полностью и может быть использован снова после регенерации (в отличие от золы и шлаков органического топлива). В перспективе возможен полный переход на замкнутый топливный цикл, что означает практически полное отсутствие отходов.

Снижение «парникового эффекта: интенсивное развитие ядерной энергетики можно считать одним из средств борьбы с глобальным потеплением. К примеру, атомные станции в Европе ежегодно позволяют избежать эмиссии 700 миллионов тонн CO₂. Ежегодно работа всех АЭС российского дизайна в мире экономит выбросы парниковых газов в объеме более 210 млн тонн CO₂-экв.

Развитие экономики: строительство АЭС обеспечивает экономический рост, появление новых рабочих мест: 1 рабочее место при сооружении АЭС создает более 10 рабочих мест в смежных отраслях. Развитие атомной энергетики способствует росту научных исследований и объемов экспорта высокотехнологичной продукции.

Самые низкие показатели травматизма: согласно исследованиям, на АЭС фиксируется самый низкий процент несчастных случаев со смертельным исходом (см. иллюстрацию, источник – публикация Всемирной ядерной ассоциации (WNA) за 2019 год, цитирующая исследование Института Пауля Шеррера).

Работа атомной электростанции заключается в следующем: в реакторе атомной электростанции с помощью соответствующего оборудования локализуется и контролируется цепная ядерная реакция, чаще всего с использованием топлива на основе урана-235, в результате деления которого вырабатывается тепло. Это тепло используется для нагрева теплоносителя реактора, как правило, воды, чтобы получить пар. Затем пар направляется на турбины, заставляя их вращаться и активируя электрический генератор, что позволяет вырабатывать электроэнергию без выбросов углекислого газа.

В процессе эксплуатации АЭС образуются отходы с различным уровнем радиоактивности. В зависимости от уровня радиоактивности и конечной цели применяются разные стратегии обращения с ними.

Радиоактивные отходы вещества, материалы, изделия, оборудование, объекты биологического происхождения, радиоизотопные источники, загрязненные объекты внешней среды, содержание радионуклидов в которых превышает уровни, установленные нормами радиационной безопасности.

Основное требование любой стратегии обращения с радиоактивными отходами всех категорий отходы должны обрабатываться, перерабатываться, храниться, транспортироваться и захораниваться таким образом, чтобы на протяжении всего срока их потенциальной опасности негативное воздействие на человека и окружающую среду как в настоящее время, так и в будущем не превышало пределов, установленных соответствующими нормативными документами, в независимости от того, где, когда и в какой форме радиоактивные отходы (РАО) образуются.

Для достижения этой цели обращение с радиоактивными отходами требует системного подхода, который в каждой стране определяется законодательством, отражающим нормы и правила по защите населения и охране окружающей среды, роль и ответственность всех, кто имеет отношение к этой проблеме, и т. д. Техническая политика любого государства должна предусматривать необходимость комплексного решения проблемы обращения с радиоактивными отходами на действующих, проектируемых и строящихся объектах, начиная с момента образования РАО и кончая их надежной изоляцией от биосферы на весь срок сохранения отходами потенциальной опасности.

Исходя из результатов многолетних исследований и практического опыта разработано большое количество национальных и международных руководств и правил по радиационной защите и обращению с радиоактивными отходами. Поскольку некоторые радиоактивные отходы могут представлять опасность в течение очень длительного времени (и для будущих поколений), должна учитываться необходимость дополнительных затрат в будущем на обеспечение радиационной защиты, контроля, наблюдения.

Фундаментальные принципы обеспечения безопасности при обращении с радиоактивными отходами разрабатываются и постоянно совершенствуются путем достижения консенсуса среди стран, участвующих в их разработке и обсуждении. Эти принципы и требования обращения с РАО, принятые на международном уровне, сформулированы в документах международных организаций МАГАТЭ, Международной комиссии по радиологической защите и др.

Ядерная энергия является низкоуглеродным источником энергии, поскольку, в отличие от электростанций, работающих на угле, нефтепродуктах или природном газе, атомные электростанции во время своей работы практически не производят CO₂. Атомные электростанции используются

для генерации почти трети мировой безуглеродной электроэнергии и имеют решающее значение для достижения целей в области борьбы с изменением климата.

5.3 Геотермальная энергетика и объекты солнечной энергетики

5.3.1 Геотермальная энергетика

Геотермальная энергетика – направление энергетики, основанное на использовании тепловой энергии недр Земли для производства электрической энергии на геотермальных электростанциях, или непосредственно, для отопления или горячего водоснабжения. Обычно относится к альтернативным источникам энергии, использующим возобновляемые энергетические ресурсы. Это ресурс, который является результатом разницы температур между ядром планеты и ее поверхностью. Этот «геотермальный градиент» непрерывно проводит тепловую энергию к поверхности Земли, так как породы в ядре тают от высокой температуры и давления, создавая конвекцию магмы, направленную вверх, так как она легче, чем твердые породы. Несмотря на то, что температура в ядре достигает около 5000 градусов по Цельсию, температура пород и воды в земной коре, нагреваемой магмой, редко превышает 370 градусов по Цельсию.

Запасы тепла Земли практически неисчерпаемы – при остывании только ядра Земли (не считая мантии и коры) на 1 °С выделится $2 \cdot 10^{20}$ кВт·ч энергии, что в 10000 раз больше, чем содержится во всем разведанном ископаемом топливе, и в миллионы раз больше годового энергопотребления человечества. При этом температура ядра превышает 6000 °С, а скорость остывания оценивается в 300–500 °С за миллиард лет.

Теоретически, геотермальных ресурсов Земли достаточно для удовлетворения человеческих потребностей в электроэнергии, однако лишь очень небольшая часть может быть использована в действительности, потому что разведка и бурение глубокозалегающих ресурсов стоит очень дорого. Тем не менее, продолжающийся технический прогресс расширяет этот диапазон.

Данные о подземных геотермальных условиях Беларуси в настоящее время не разработаны. Однако исследования показывают, что высокий геотермальный потенциал территории находится на юге страны, на расстоянии 200 км вдоль Припятского прогиба и Подляско-Брестской впадины. Центр находится на глубине примерно 2000–2500 м и охватывает города Светлогорск, Гомель, Октябрьский, Калинковичи и Речица.

В Беларуси уже существует опыт использования геотермальных ресурсов. В стране действует около 100 геотермальных установок. Введена в опытную эксплуатацию пилотная геотермальная станция мощностью 1 МВт на территории тепличного комплекса «Берестье» Брестского района, назначение которой обогрев теплиц хозяйства.

На тепловой энергии горных пород отапливаются здания пограничного и таможенного перехода «Новая Рудня». Запланировано проектирование экспериментальной геотермальной установки для погранперехода «Урбану». Для Беларуси, как и для многих других стран, актуальна проблема зависимости от импортных энергоносителей – нефти и газа. Для решения проблемы необходимо развивать альтернативные источники энергии.

Преимущества геотермальных электростанций:

- Запасы геотермальной энергии велики, хотя и не бесконечны. Ее можно считать возобновляемым источником энергии – во всяком случае, при условии, что в нагнетательную скважину не закачивается слишком много воды за слишком короткое время.

- Геотермальная электростанция для работы не требует поставок топлива из внешних источников.

- Работа геотермальных электростанций не сопровождается вредными или токсичными выбросами (см., однако, третий недостаток геотермальных электростанций ниже).

- Помимо необходимого для первого старта насоса (или насосов) внешнего источника энергии, геотермальным электростанциям для дальнейшей работы внешняя энергия (топливо) не нужна. С началом работы геотермальной электростанции ее насосы можно запитывать электричеством, которое вырабатывается на самой станции.

- Эксплуатация геотермальной электростанции не требует дополнительных расходов, кроме расходов на профилактическое техобслуживание или ремонт.

- Геотермальные электростанции не портят пейзаж и не требуют значительного землеотвода.

- Обычная геотермальная электростанция, расположенная на берегу моря или океана, может применяться и для опреснения воды, которую затем можно использовать для питья или ирригации. Опреснение происходит естественным путем в результате дистилляции – разогрева воды и охлаждения водяного пара в процессе работы электростанции.

Недостатки геотермальных электростанций:

- Найти подходящее место для строительства геотермальной электростанции и получить разрешение местных властей и согласие жителей на ее возведение может быть проблематичным.

- Иногда действующая геотермальная электростанция может остановиться в результате естественных изменений в земной коре. Кроме того, причиной ее остановки может стать плохой выбор места или чрезмерная закачка воды в породу через нагнетательную скважину.

- Через эксплуатационную скважину могут выделяться горючие или токсичные газы или минералы, содержащиеся в породах земной коры. Избавиться от них достаточно сложно. Правда, в некоторых случаях их можно сифонировать (собрать) и переработать в горючее (нефть-сырец или природный газ, например).

Геотермальные электростанции работают на гидротермальных ресурсах, таких как вода и пар. Чтобы получить доступ к этим ресурсам, геотермальные электростанции бурят скважины в подземных геотермальных резервуарах. Гидротермальные ресурсы направляются на поверхность, где они используются для вращения турбины, соединенной с генератором. Три основных типа геотермальных электростанций – это вторичный пар, сухой пар и бинарный цикл.

Геотермальные электростанции полагаются на геотермальные резервуары близко к поверхности Земли. Резервуары часто находятся в активных геотермальных регионах вдоль границ тектонических плит. К регионам относятся Огненное кольцо и горячие точки по всему миру от Исландии до Индонезии. Геологи могут проверять наличие геотермальных резервуаров, буря землю и измеряя температуру.

Одна из проблем, которые возникают при использовании подземных термальных вод, заключается в необходимости возобновляемого цикла поступления (закачки) воды (обычно отработанной) в подземный водоносный горизонт, на что требуется расход энергии. В термальных водах содержится большое количество солей различных токсичных металлов (например, свинца, цинка, кадмия), неметаллов (например, бора, мышьяка) и химических соединений (аммиака, фенолов), что исключает сброс этих вод в природные водные системы, расположенные на поверхности. Высокая минерализация также способствует коррозии трубопроводов и отложению солей. Закачка отработанной воды необходима еще и для того, чтобы давление в водоносном пласте не упало, что приведет к уменьшению выработки геотермальной станции или её полной неработоспособности.

С другой стороны, геотермальные воды содержат ценные элементы, например литий, и существуют проекты их извлечения.

Наибольший интерес представляют высокотемпературные термальные воды или выходы пара, которые можно использовать для производства электроэнергии и теплоснабжения.

Экономическая обоснованность бурения и инфраструктуры скважин заставляет выбирать места с большим геотермическим градиентом. Такие места обычно находятся в сейсмически активных зонах. Кроме того, при постройке ГЦС-станции проводится гидравлическое стимулирование пород, позволяющее за счёт дополнительных трещин увеличить теплообмен теплоносителя с породами. Однако, по результатам исследования пхоханского землетрясения 2017 года, оказалось, что даже регулирования с помощью измерений с дополнительных сейсмографических станций не достаточно для исключения индуцированных землетрясений. Спровоцированное эксплуатацией геотермальной станции, пхоханское землетрясение произошло 15 ноября 2017 года, магнитуда составила 5,4 единицы, пострадали 135 человек и 1700 остались без крова.

5.3.2 Солнечная энергия

Изобретенные человеком технологии, контролирующие и преобразовывающие солнечную энергию, называются **солнечной энергетикой**.

Солнечная энергия – это энергия солнца, которая преобразуется в тепловую или электрическую энергию. Солнечная энергия является самым чистым и наиболее распространенным из доступных источников возобновляемой энергии в мире. Они используют эту энергию для разных целей, в том числе для выработки электроэнергии, обеспечения освещения или поддержания комфортной температуры, для нагрева воды для бытовых, коммерческих или промышленных нужд.

Солнце генерирует энергию в результате ядерных реакций, происходящих в его плотном горячем ядре. Оно производит массивные **382,8 триллиона триллионов (3,828 x 10²⁶) ватт** электромагнитного излучения, в основном в виде видимого, инфракрасного и ультрафиолетового света. Источник энергии солнечного излучения термоядерные реакции, протекающие на Солнце. Получается, что солнце излучает каждый час на Землю энергии больше, чем человечеству необходимо в год.

Для количественной оценки излучения применяется величина, которая называется **интенсивностью** (E_c) – это мощность лучистой энергии, приходящей за пределами земной атмосферы в секунду на квадратный метр площади, перпендикулярной солнечной лучам.

В средних широтах в дневное время значение потока солнечного излучения достигает 800 Вт/м² летом, снижаясь до 250-300 Вт/м² зимой. Ночью это значение равно 0. **Это количество энергии с единицы площади определяет возможности солнечной энергетик.**

До Земли доходит:

- ультрафиолетовое излучение (длина волн 0.4 мкм) – 9% интенсивности
- видимое излучение (0.4–0.7 мкм) – 45% интенсивности
- инфракрасное (тепловое) излучение (более 0.7 мкм) – 46% интенсивности

Солнечная энергия является самым богатым из всех энергетических ресурсов и может использоваться даже в пасмурную погоду. Скорость, с которой солнечная энергия улавливается Землей, примерно в 10 тыс. раз превышает скорость, с которой человечество потребляет энергию.

Солнечные технологии могут обеспечивать тепло, охлаждение, естественное освещение, электричество и топливо для множества применений. Эти технологии позволяют преобразовывать солнечный свет в электрическую энергию с помощью фотоэлектрических панелей либо зеркал, концентрирующих солнечное излучение.

Хотя не все страны в равной мере обеспечены солнечной энергией, каждая из них может внести существенный вклад в энергетический баланс за счет энергии солнца как таковой.

В последнее десятилетие стоимость производства солнечных панелей резко упала, что сделало их не только доступным, но и зачастую самым дешевым способом получения электроэнергии. Солнечные панели имеют срок службы около 30 лет и выпускаются в разных оттенках в зависимости от типа материала, используемого при их производстве.

Солнечное излучение может использоваться для выработки электро- и тепловой энергии. Прямое преобразование солнечной радиации в электроэнергию производится как путем прямого преобразования на фотоэлектрических панелях, так и косвенно с использованием термодинамических методов (получение пара с высоким давлением).

Получение тепловой энергии из солнечной производится за счет поглощения данной энергии и дальнейшего нагрева поверхности и теплоносителя. Для этого используются специальные коллекторами и приемы «солнечной архитектуры».

Совокупность установок для преобразования энергии Солнца составляет солнечную электростанцию (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Солнечная электростанция

Преобразование солнечной энергии осуществляется с помощью солнечных батарей. Фотоэлектрические батареи могут быть огромными, используемыми для установки на специальных фотоэлектростанциях, компактными, которые устанавливаются на крышах отдельных домов или построек, совсем маленькими, для освещения отдельных устройств. Есть и автомобили на солнечных батареях, они же могут устанавливаться на корабли, самолеты и используются в космической технике и оборудовании.

Бытовой пример солнечной батареи: портативные калькуляторы.

Большой плюс использования солнечных батарей – это возможность использовать солнечные элементы в отдаленных местах, куда невозможно проложить кабель от электростанции. Мобильные конструкции в виде солнечных элементов, можно перевезти и установить в любом месте. Сегодня

солнечные батареи применяют для бесперебойного питания пунктов метеорологических наблюдений и базовых станций сотовых операторов.

Классификация солнечных энергетических установок:

– по виду преобразования солнечной энергии в другие виды энергии – тепло или электричество;

базируется в основном на системе преобразования солнечного излучения в тепло, которое далее чаще всего используется в обычных схемах тепловых электростанций:

– башенные солнечные электрические станции

– солнечные пруды

– солнечные энергетические установки с параболоцилиндрическими концентраторами

– солнечные коллекторы, в которых происходит нагрев воды с помощью солнечного излучения.

– по концентрированию энергии – с концентраторами без концентраторов;

базируется на прямом преобразовании солнечного излучения в электроэнергию с помощью солнечных термоэлектрических или фотоэлектрических установок (Безмашинные солнечные энергетические установки).

Солнечный элемент состоит из двух соединенных между собой кремниевых пластинок. Свет, падающий на верхнюю пластинку, выбивает из нее электроны, посылая их на нижнюю пластинку.

Так создается ЭДС (электро-движущая сила) элемента. Последовательно соединенные элементы являются источником постоянного тока. Несколько объединенных фотоэлектрических преобразователей представляют собой солнечную батарею (рисунок 5.2).

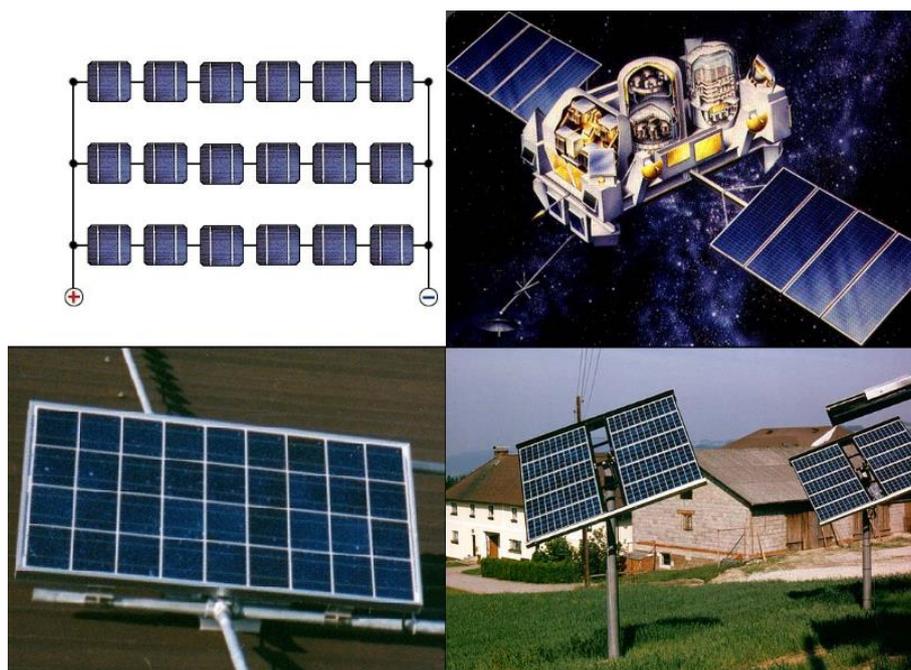


Рисунок 5.2 – Солнечная батарея

– по технической сложности – простые (нагрев воды, сушилки, нагревательные печи, опреснители и т.д.) и сложные.

Солнечная энергия используется для освещения, отопления помещений, охлаждения воздуха, вентиляции, производства электроэнергии.

Во всемирной паутине бытует мнение, что «зеленые» технологии не такие уж и «зеленые», и что существует вред от солнечных панелей. Возобновляемые источники, такие как ветер, солнце, геотермальная энергия, биомасса и гидроэнергетика, также оказывают воздействие на окружающую среду, некоторые из которых являются значительными. Точный тип и интенсивность воздействия на окружающую среду варьируется в зависимости от конкретной используемой технологии, географического положения и ряда других факторов. Понимая текущие и потенциальные экологические проблемы, связанные с каждым возобновляемым источником энергии, мы можем предпринять шаги, чтобы эффективно избежать или минимизировать эти воздействия, поскольку они становятся большей частью нашего электроснабжения. И в то же время, когда речь идет именно о солнечной энергетике, и непосредственно о солнечных батареях, то стоит отметить, что по сравнению с другими видами и способами получения электрической энергии, такой способ снижает количество выбросов в атмосферный воздух, а потому имеет положительное влияние на окружающую среду.

Как и энергия ветра, солнце является огромным ресурсом для производства чистой и устойчивой электроэнергии. Воздействие на окружающую среду, связанное с солнечной энергией, может включать землепользование и потерю среды обитания, водопользование и использование опасных материалов в производстве, хотя типы воздействий сильно различаются в зависимости от масштаба системы и используемой технологии – фотоэлектрические солнечные батареи или концентрирующие солнечные тепловые установки (CSP).

В то же время, сами по себе солнечные панели не представляют опасности, поскольку использование классического способа фотоэлектрической генерации не является вредным. Стационарно закрепленная солнечная батарея, путем воздействия на нее солнечного излучения, вырабатывает электрический постоянный ток, который обеспечивает ваши нужды, при этом, не выбрасывая никаких вредных веществ в окружающую среду. Другие способы получения электрической энергии не отличаются отсутствием негативного воздействия.

Для строительства солнечной электростанции в коммунальном масштабе требуется большая площадь земли. Это может помешать существующему землепользованию. Использование большой площади земли может привести к расчистке и сортировке земли, что может вызвать уплотнение почвы, эрозию и изменение дренажных каналов. Взаимодействие солнечных батарей и экологии также заключается в том, что, кроме того, солнечные

энергетические системы могут воздействовать на землю в процессе добычи, разведки, производства и утилизации материалов.

Исключение выше сказанного можно считать использование солнечных батарей на незанятых площадях. Речь идет о крышах частных домовладений, производственных или складских помещений, на земельных участках, которые, к примеру, рекультивированный после использования под свалку бытовых отходов, прочее. Ключевым словом, которое должно характеризовать солнечных батареи в целом, является слово «рациональность». Потому, стоит отметить, что разумное использование солнечной энергии, использование солнечных (фото-вольтаических) батарей – это рациональное использование площади, рациональное использование мощности, рациональный подход к эксплуатации и последующей, но не скорой, утилизации.

На сегодняшний день лидерами по развитию солнечной энергии являются Китай, США, Япония, Германия, Индия, Италия. В нашей стране солнечные электростанции также активно строятся.

Республика Беларусь за счёт собственных полезных ископаемых обеспечивает около 15–18 % своих потребностей в топливно-энергетических ресурсах. Недостающее количество топлива и энергии поставляется из России и других стран, на что ежегодно тратится около 2 млрд. долларов США. Поэтому для Беларуси очень актуален вопрос использования собственных экологически чистых источников энергии.

На территорию Беларуси за год от Солнца поступает около 31 000 кВт-часов (суммарная величина) солнечной энергии, что эквивалентно 40 миллиардам тонн углеродного топлива и более чем в 1000 раз превышает нынешнюю общую потребность страны в энергии.

Развитие солнечной энергетики напрямую зависит от инсоляции (количества световой энергии, падающей на единицу поверхности). Продолжительность открытого солнечного облучения в нашей стране составляет в среднем 1800 часов в год. В осенне-зимний период инсоляция очень мала; даже в солнечные дни, которых может быть не более 10 в месяц, открытое солнце наблюдается в среднем по 3 часа. Однако за май, июнь и июль отмечается почти 50% годового поступления солнечного излучения на территорию нашей страны, в то время как за ноябрь, декабрь и январь поступает лишь 5%. Конечно, по инсоляции Республика Беларусь отстаёт от территорий, близких к экватору, однако находится примерно на одном уровне с такими странами, как Германия, Япония, Канада, где солнечная энергетика развивается очень активно.

Таким образом, у ученых и практиков не осталось сомнений в том, что получать солнечную электроэнергию в странах, сопоставимых по инсоляции с Беларусью, вполне целесообразно.

Тема 6 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

6.1 Загрязнение атмосферы выбросами машиностроительных предприятий

Современное машиностроение развивается на базе крупных производственных объединений, включающих заготовительные и кузнечно-прессовые цехи; цехи термической и механической обработки металлов; цехи покрытий и крупное литейное производство. В состав предприятий также входят испытательные станции, ТЭЦ и вспомогательные подразделения (сварки, лакокраски, переработки неметаллических материалов и т.п.).

6.1.1 Литейные цеха

Наиболее крупными источниками пыле- и газовойдыделения в атмосферу в литейных цехах являются: вагранки, электродуговые и индукционные печи, участки складирования и переработки шихты и формовочных материалов, участки выбивки и очистки литья.

При плавке 1 т металла в открытых чугунолитейных вагранках выделяется 900–1200 м³ колошникового газа, содержащего оксиды углерода, серы и азота, пары масел, полидисперсную пыль и др. При разбавлении колошникового газа воздухом, подсасываемым через завалочное окно вагранки, количество отходящих газов увеличивается в 1,5–3,5 раза. Параметры и состав газов, отходящих от открытых чугунолитейных вагранок, приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1 – Параметры газов, отходящих от открытых чугунолитейных вагранок

Производительность вагранки, т/ч	Расход дутья, м ³ /ч	Расход колошниковых газов, м ³ /ч	Температура колошниковых газов, °С	Расход отходящих газов, м ³ /ч	Выбросы, кг/ч			
					пыль	СО	SO ₂	NO _x
3	2 850	2 500	160	7 500	26	190	5	0,15
5	4 800	4 250	180	11 500	50	370	8	0,3
7	6 700	6 250	200	15 000	74	480	11	0,45
10	9 600	9 500	250	21 000	100	680	12,5	0,8
15	14 400	13 800	260	30 000	150	920	17	1,2
20	19 200	18 500	280	38 000	210	1050	20	1,8

Химический состав ваграночной пыли зависит от состава металлозавалки, топлива, условий работы вагранки и может колебаться в следующих пределах (мас. доли, %):

$\text{SiO}_2 - 20 \div 50$; $\text{CaO} - 2 \div 12$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,5 \div 6$; $\text{MgO} - 0,5 \div 4$; $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3) - 10 \div 36$; $\text{MnO} - 0,5 \div 2,5$; $\text{C} - 30 \div 45$.

Дисперсный состав ваграночной пыли приведен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Дисперсный состав ваграночной пыли

Размер частиц, мкм	<5	5–10	10–25	25–50	50–75	75–150	>150
Фракционный состав:							
при горячем дутье, %	16,6	13,3	16,0	13,2	12,5	18,4	10
при холодном дутье, %	–	2,4	6,2	21,8	26,4	29,9	13,3

Медианный размер пыли при горячем дутье 20 мкм, а при холодном дутье 70 мкм.

В закрытых чугуно-литейных вагранках производительностью 5–10 т/ч на 1 т выплавленного чугуна выделяется: *11–13 кг пыли, 190–200 кг оксида углерода, 0,4 кг диоксида серы, 0,7 кг углеводородов и др.* Концентрация пыли в отходящих газах составляет 5–20 г/м³, медианный размер пыли 35 мкм.

В таблице 6.3 приведены выбросы загрязняющих веществ электродуговыми печами при выплавке стали.

Состав пыли зависит от марки выплавляемой стали. Примерный химический состав пыли, мас. доли, %: $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 56,8$; $\text{Mn}_2\text{O}_3 - 10,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 5,0$; $\text{SiO}_2 - 6,9$; $\text{CaO} - 6,9$; $\text{MgO} - 5,8$; остальное – хлориды, оксиды хрома и фосфора.

Таблица 6.3 – Выбросы загрязняющих веществ электродуговыми печами

Емкость печи, т	Производительность печи, т/ч	Выбросы, кг/т		
		пыль	СО	NO _x
0,5	0,33	9,9	1,4	0,27
1,5	0,94	9,8	1,2	0,26
5	2	9,4	1,3	0,26
10	3	8,8	1,4	0,27
20	5,9	8,1	1,5	0,29
50	11,4	6,9	1,4	0,28
100	21	6,6	1,5	0,29

Средний фракционный состав пыли при выплавке стали электродуговыми печами приведен в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Средний фракционный состав пыли при выплавке стали

Размер частиц, мкм	0–2	2–4	4–6	6–8	8–10	>10
Фракционный состав, %	52,2	22,5	6,2	7,3	2,5	9,3

При плавке стали в индукционных печах, по сравнению с электродуговыми, выделяется незначительное количество газов и в 5–6 раз меньше пыли, по размеру более крупной. При литье под действием теплоты жидкого металла из формовочных смесей выделяются бензол, фенол, формальдегид, метанол и другие токсичные вещества, количество которых зависит от состава формовочных смесей, массы и способа получения отливки и ряда других факторов. Газовыделения при заливке металлом форм и их охлаждении можно определить по данным, приведенным в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Газовыделения при заливке металлом форм и их охлаждении

Вещество	Удельные газовыделения для марки связующего вещества, мг/ (кг смеси ч)		
	ОФ I	БС 40	УКС
Бензол	418		
Фенол	390	–	–
Фурфурол	–	2	–
Метанол	5,5	11	207
Аммиак	–	702	823
Цианистый водород	–	1,2	-
Формальдегид	8,7	34,0	34,2
Оксид углерода	920,0	496,0	1921,0
Диоксид углерода	688,0	3260,0	8563,0
Метан	204,0	111,0	82,0

Примечание: 80% газовыделения всех вредных веществ приходится на первые 20 мин после заливки металла в формы. К концу первого часа газовыделение практически прекращается.

От участков выбивки литья на 1 м² площади решетки выделяется до 45–60 кг/ч пыли, 5–6 кг/ч оксида углерода, до 3 кг/ч аммиака. Значительными выделениями пыли сопровождаются процессы очистки и обрубки литья. Работа пескоструйных и дробеструйных камер, очистных барабанов и столов сопровождается интенсивным выделением пыли с медианным размером 20– 60 мкм. Концентрация пыли в воздухе, отводимом от камер и барабанов, составляет 2–15 мг/м³.

Значительное количество пыли и газов выделяется в атмосферу участками литейных цехов по приготовлению, переработке и использованию шихты и формовочных материалов.

Содержание пыли, на 35–50% состоящей из диоксида кремния, в отводимом воздухе составляет:

Технологический процесс	Концентрация, мг/м ³
Размол материалов:	
шаровые мельницы	6–10
дробилки	5–12
Сушка материалов	5–10
Приготовление смесей:	
сита.....	0,8–4,3
смесители (бегуны)	1,7–7,4
грохоты	0,7–1,5

6.1.2 Кузнечно-прессовые и прокатные цеха

В процессах нагрева и обработки металла в кузнечно-прессовых и прокатных цехах выделяются пыль, кислотный и масляный аэрозоль (туман), оксид углерода, диоксид серы и др.

При прокатке пыль образуется главным образом в результате измельчения окалины валками, при этом ~20% пыли имеет размер частиц менее 10 мкм. Выброс пыли из цеха составляет в среднем 200 г на 1 т товарного проката. Если в процессе проката применяется огневая зачистка поверхности заготовки, то выход пыли возрастает до 500–2000 г/т. При этом в процессе сгорания поверхностного слоя металла образуется большое количество мелкодисперсной пыли, состоящей на 75–90% из оксидов железа:

Размер частиц, мкм	<0,5	0,5–1	>1
Фракционный состав, %	20–25	60–65	10–20

Для удаления окалины с поверхности горячекатаной полосы применяют травление в серной или соляной кислоте. Суммарное количество воздуха, отсасываемого из агрегата непрерывного травления, составляет 14 000–18 000 м³/ч, а среднее содержание кислоты в удаляемом воздухе достигает 2,5–2,7 г/м³. Если для очистки воздуха от кислот применяют высокоэффективные пенные аппараты, то и в этом случае содержание кислот в воздухе после его очистки составляет 0,05 г/м³.

При использовании в кузнечно-прессовых цехах для нагрева металла пламенных печей в атмосферу выбрасываются оксиды углерода, серы, азота и другие продукты сгорания. Для определения валовых выделений вредных веществ от нагревательных печей целесообразно пользоваться удельными показателями по выбросам, приведенным к единице массы (т) или объема (м³ или тыс. м³) сжигаемого топлива (S – содержание серы в исходном топливе, %; A^p – зольность топлива, %).

Общеобменной вентиляцией кузнечно-прессового цеха в атмосферу выбрасываются оксиды углерода и азота, диоксид серы. От пролетов с молотами выбросы оксида углерода на 1 т топлива составляют 7 кг/т (газ или мазут), диоксида серы – 5,2 кг/т (мазут); от пролетов с прессами и ковочными машинами – соответственно 3 и 2,2 кг/т.

6.1.3 Термические цеха

Вентиляционный воздух, выбрасываемый из термических цехов, обычно загрязнен парами и продуктами горения масла, аммиаком, цианистым водородом и другими веществами, поступающими в систему местной вытяжной вентиляции от ванн и агрегатов для термической обработки. Источниками загрязнений в термических цехах являются также нагревательные печи, работающие на жидком и газообразном топливе, а также дробеструйные и дробеметные камеры. Концентрация пыли в воздухе, удаляемом из дробеструйных и дробеметных камер, где металл очищается после термической обработки, достигает 2–7 г/м³.

При закалке и отпуске деталей в масляных ваннах в отводимом от ванн воздухе содержится до 1% паров масла от массы металла. При цианировании выделяется до 6 г/ч цианистого водорода на один агрегат цианирования.

6.1.4 Гальванические цеха

В воздухе, удаляемом из гальванических цехов, вредные вещества находятся в виде пыли, тонкодисперсного тумана, паров и газов. Наиболее интенсивно вредные вещества выделяются в процессах кислотного и щелочного травления.

Массу вредных веществ, выделяющихся при травлении с поверхности S , м² зеркала ванны, определяют по формуле $m = \bar{m} \cdot S$, мг/мин, где \bar{m} – интенсивность выделения вредных веществ с единицы площади зеркала ванны, мг/(м²·мин). Значения \bar{m} приведены в табл. 6.6.

Таблица 6.6 – Вредные веществ, выделяющиеся при травлении

Марка стали	Травильный раствор		\bar{m} , мг/(м ² · мин)	Выделяющиеся вещества и их агрегатное состояние
	состав	температура, °С		
20	15%-ный раствор серной кислоты без ингибитора	70	200	Серная кислота, аэрозоль
20	15%-ный раствор серной кислоты с ингибитором	70	30	То же
10	20%-ный раствор соляной кислоты	70–80	26 000	Соляная кислота, пары

Окончание таблицы 6.6

12X18H10T	10–12%-ный раствор азотной кислоты	60	4 300	Оксиды азота в пересчете на N ₂ O ₃ (пары)
12X18H10T	4–5%-ный раствор азотной кислоты	60	4 700	Суммарно NO ₂ + HNO ₃ в пересчете на N ₂ O ₃ (пары)
08X15H24B4TP	15,5%-ный раствор азотной кислоты	50	118	Фтористый водород, пары Оксиды азота в пересчете на N ₂ O ₃ (пары)
12X18H10T	То же	50	185	Суммарное N ₂ O ₃ + HNO ₃ в пересчете на N ₂ O ₃ (пары)
08X18H10T	20–22%-ный раствор серной кислоты	60	940	Суммарное SO ₂ + H ₂ SO ₄ в пересчете на H ₂ SO ₄ (аэрозоль)

При нанесении гальванических покрытий (воронение, фосфатирование, анодирование и т.п.) образуются различные вредные вещества. Так, при фосфатировании изделий выделяется фтористый водород, концентрация которого в отводимом воздухе достигает 1,2–15 г/м³. Концентрации HCl, H₂SO₄, HCN, Cr₂O₃, NO₂, NaOH и др. в удаляемом от гальванических ванн воздухе колеблются в значительных пределах, что требует специальной очистки воздуха перед выбросом в атмосферу. При проведении подготовительных операций в гальванических цехах (механическая очистка и обезжиривание поверхностей) выделяются пыль, пары бензина, керосина, трихлорэтилена, туманы щелочей.

Анализ дисперсного состава туманов показал, что размер частиц находится в пределах 5–6 мкм при травлении, 8–10 мкм при хромировании и 5–8 мкм при цианистом цинковании.

6.1.5 Цеха механической обработки

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений. В табл. 6.7 приведено количество паров воды, туманов масел и эмульсий, выделяющихся за 1 ч при работе станков в расчете на 1 кВт мощности устанавливаемых на станках электродвигателей.

Пыль, образующаяся в процессе абразивной обработки, состоит на 30–40% из материала абразивного круга, на 60–70% из материала обрабатываемого изделия. Количество выделяющейся пыли зависит от размеров и твердости обрабатываемого материала, диаметра и окружной скорости круга, а также способа подачи изделия.

Таблица 6.7 – Количество паров воды, туманов масел и эмульсий, выделяющихся за 1 ч при работе станков в расчете на 1 кВт мощности электродвигателей

Оборудование	Масса, г		
	пары воды	масляный туман	туман эмульсола
Металлорежущие станки при масляном охлаждении	–	0,2	–
Металлорежущие станки при эмульсионном охлаждении	150	–	0,0063
Шлифовальные станки при охлаждении эмульсией и содовым раствором	150	—	0,165
Шлифовальные станки при охлаждении маслом	–	30	–

Для круглошлифовальных станков выделение пыли приведено в таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Средний фракционный состав пыли при выплавке стали

Диаметр шлифовального круга, мм	150	300	350	400	600	750	900
Выделение пыли, г/ч	117	155	170	180	235	270	310

Значительное выделение пыли наблюдается при механической обработке древесины, стеклопластиков, графита и других неметаллических материалов. Так, при обработке текстолита, стеклоткани, карболита и органического стекла выделения пыли составляют (г/ч на единицу оборудования):

Обработка текстолита на станках:

токарных 50–80
 фрезерных 100–120
 зубофрезерных..... 20–40

Раскрой стеклоткани на ленточном станке..... 9–20

Обработка карболита на станках:

токарных и расточных 40–80
 фрезерных 180–280
 сверлильных 36–50

Резание органического стекла дисковыми пилами..... 800–950

При механической обработке полимерных материалов одновременно с пылеобразованием могут выделяться пары различных химических веществ и соединений (фенол, формальдегид, стирол и др.), входящих в состав обрабатываемых материалов.

6.1.6 Цеха производства неметаллических материалов

В машиностроении широкое применение находят стеклопластики, которые содержат стекловолоконный наполнитель и связующие смолы (ненасыщенные полиэфирные, фенолоформальдегидные, эпоксидные). Выделение вредных паров веществ при формировании и полимеризации для различных смол приведено в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Выделение вредных паров веществ при формировании и полимеризации для различных смол

Марка смолы	Температура формирования и полимеризации	Вредные вещества, г/кг				
		стирол	толуол	Малеиновый ангидрид	гипериз	ацетофенон
НПС-609-21м	5–15	25	9	0,9	0,05	0,04
	20–30	32	11	1,1	0,07	0,05
	40–50	40	14	1,4	0,08	0,06
	70	47	16	1,6	0,1	0,07
НПС-609-26с	5–15	20	3,6	0,07	0,07	0,05
	20–30	25	4,5	0,09	0,09	0,04
	40–50	32	5,7	0,11	0,11	0,05
	70	40	7	0,14	0,14	0,06
ПН-3	5–15	215	–	4,4	0,3	0,07
	20–30	260	–	5,2	0,4	0,22
	40–50	290	–	6	0,5	0,25
	70	340	–	7	0,5	0,3

При производстве эбонитовых изделий в вентиляционную систему попадают SO_2 , CO , H_2S , пары бензина, толуола, глицерина, пыль. Особенно много вредных выбросов происходит в процессе производства пластмасс, синтетических волокон и т. п.

6.1.7 Сварочные цеха

На участках сварки и резки металлов состав и масса выделяющихся вредных веществ зависит от вида и режимов технологического процесса, свойств применяемых сварочных и свариваемых материалов. Наибольшие выделения вредных веществ характерны для процесса ручной электродуговой сварки покрытыми электродами. При расходе 1 кг электродов в процессе ручной дуговой сварки стали образуется до 40 г пыли, 2 г фтористого водорода, 1,5 г оксидов углерода и азота; в процессе сварки чугунов – до 45 г пыли и 1,9 г фтористого водорода.

При полуавтоматической и автоматической сварке (в защитной среде и без нее) общая масса выделяемых вредных веществ меньше в 1,5–2 раза, а при сварке под флюсом – в 4–6 раз.

Сварочная пыль на 99% состоит из частиц размером от 10^{-3} до 1 мкм, около 1% пыли имеет размер частиц 1–5 мкм, частицы размером более 5 мкм составляют всего десятые доли процента. Химический состав выделяющихся при сварке загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов) и в меньшей степени от состава свариваемых металлов.

Газовая и плазменная резка металлов сопровождается выделением пыли и вредных газов. Пыль представляет собой конденсат оксидов металлов, размер частиц которого не превышает 2 мкм. Химический состав пыли определяется главным образом маркой разрезаемого материала. При резке обычно выделяются токсичные соединения хрома и никеля, марганец, вредные газы – CO, NO₁, а при плазменной резке образуется еще и озон.

6.1.8 Участки пайки и лужения

В вентиляционный воздух на участках пайки и лужения выделяются токсичные газы (оксид углерода, фтористый водород), аэрозоли (свинец и его соединения) и т. п. Массы оксида углерода, выделяющиеся при обжиге 1 г изоляции при температуре 800–900⁰С, следующие, мг: винипласт – 240, полихлорвинил – 180, полиэтилен – 100, фторопласт – 100, хлопок – 100, шелк – 200, шелк и винипласт – 190. При обжиге фторопластовой изоляции выделяется на 1 г изоляции 3 мг фтористого водорода.

6.1.9 Окрасочные цеха

Токсичные вещества в окрасочных цехах выделяются в процессах обезжиривания поверхностей органическими растворителями перед окраской, при подготовке лакокрасочных материалов, при их нанесении на поверхность изделий и сушке покрытия. Воздух, удаляемый вентиляционными отсосами от окрасочных камер, напольных решеток, сушильных установок и других устройств, всегда загрязнен парами растворителей, а при окраске распылением, кроме того, окрасочным аэрозолем. При окраске изделий порошковыми полимерными материалами в вентиляционном воздухе содержится пыль. При обезжиривании изделий перед окраской в вентиляционные выбросы за счет испарения с поверхности зеркала ванны поступают пары углеводородов с интенсивностью, г/(м²·мин): бензин 67–83, керосин 17–34, уайт-спирит 83–100. Концентрации вредных веществ в вентиляционных выбросах, удаляемых от мест окраски, зависят от состава и расхода лакокрасочных материалов, способа их нанесения на окрашиваемую поверхность, устройства вентиляции, окрасочного оборудования, метода окрашивания. В вентиляционных выбросах окрасочных цехов могут содержаться окрасочный аэрозоль (до 1 г/м³) и пары растворителей (до 10 г/м³). Характеристики вентиляционных выбросов из окрасочных цехов приведены в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Характеристики вентиляционных выбросов из окрасочных цехов

Лакокрасочный материал	Тип отсоса	Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч	Концентрация, мг/м ³	
			ксилол	толуол
Эмаль МЛ-1-03	Камера с боковым отсосом	5 000	400	–
Эмаль МЛ-25	То же	1 700	170	–
Грунт ФЛ-ОЗк	Напольная решетка	27 000	–	390
Нитроэмаль № 924	То же	33 000	–	70

Анализ состава загрязнений, выбрасываемых в атмосферу машиностроительным предприятием, показывает, что кроме основных примесей атмосферы (СО, SO₂, NO_xC_nH_m, пыль) в выбросах содержатся и другие токсичные соединения, которые почти всегда оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду. Концентрация вредных веществ в вентиляционных выбросах часто невелика, но из-за больших объемов вентиляционного воздуха валовые количества вредных веществ, поступающих в атмосферу, весьма значительны. В течение суток выбросы производятся неравномерно. Поскольку ширина санитарно-защитных зон для машиностроительных заводов обычно не превышает 100 м даже при наличии в составе завода литейных цехов, то возникают большие трудности в поддержании требуемой чистоты воздуха санитарных зон, примыкающих к предприятию.

6.2 Загрязнение сточных вод машиностроительных предприятий

На территории промышленных предприятий образуются сточные воды трех видов: *бытовые, поверхностные и производственные.*

Бытовые сточные воды предприятий образуются при эксплуатации на его территории душевых, туалетов, прачечных и столовых. Предприятие не отвечает за качество данных сточных вод и направляет их на городские (районные) станции очистки.

Поверхностные сточные воды образуются в результате смывания дождевой, талой и поливочной водой примесей, скапливающихся на территории, крышах и стенах производственных зданий. Основными примесями этих вод являются твердые частицы (песок, камень, стружки и опилки, пыль, сажа, остатки растений, деревьев и т. п.); нефтепродукты (масла, бензин и керосин), используемые в двигателях транспортных средств, а также органические и минеральные удобрения, используемые в заводских скверах и цветниках. Каждое предприятие отвечает за загрязнение водоемов, поэтому необходимо знать объем сточных вод данного типа.

Расход поверхностных сточных вод рассчитывают в соответствии со СНиП Для каждого сечения водостока расчетный расход определяют по формуле:

$$Q_s = A \cdot F_p \cdot \beta, \quad (6.1)$$

где A – параметр, характеризующий интенсивность осадков в зависимости от климатических особенностей местности, в которой расположено предприятие; $F_p = F \cdot \eta \cdot \alpha$ – расчетная площадь стока, F – площадь территории предприятия; η – коэффициент, зависящий от площади; α – коэффициент стока, определяемый в зависимости от проницаемости поверхности; β – коэффициент замедления стока, учитывающий особенности процессов сбора поверхностных сточных вод и движения их в лотках и коллекторах.

Производственные сточные воды образуются в результате использования воды в технологических процессах. Их количество, состав и концентрацию примесей определяют типом предприятия, его мощностью, видами используемых технологических процессов. Около 10% общего водопотребления промышленности приходится на машиностроительные предприятия, где воду используют на охлаждение (подогрев) исходных материалов и продукции, деталей и узлов технологического оборудования; приготовление различных технологических растворов; промывку, обогащение и очистку исходных материалов или продукции; хозяйственно-бытовое обслуживание.

На основе анализа систем водоснабжения определяют объем воды, потребляемой и сбрасываемой машиностроительными предприятиями.

6.2.1 Цеха машиностроительных предприятий

6.2.1.1 Металлургические цеха. Воду используют в основном для охлаждения печей. Основным видом примесей образующихся сточных вод являются взвешенные вещества и масла.

6.2.1.2 Литейные цеха. Вода используется на операциях гидравлической выбивки стержней, транспортировки и промывки формовочной земли в отделениях регенерации, а также на гидротранспорт отходов горелой земли и систему обеспечивающей вентиляции. Образующиеся при выполнении этих операций сточные воды загрязняются глиной, песком, зольными остатками от выгоревшей части стержневой смеси и связующими добавками формовочной смеси. Концентрация этих веществ зависит от применяемого оборудования, исходных формовочных материалов и может достигать значений 5 кг/м³.

6.2.1.3. Кузнечно-прессовые и прокатные цеха. Основными примесями сточных вод, используемых для охлаждения технологического оборудования, поковок, гидросбива металлической окалины и об-

работки помещения, являются частицы пыли, окалины и масла. Например, при прокатке металлов на крупносортовых, средне- и мелкосортных

прокатных станах образуется соответственно до 2, 3 и 4% окалины от массы прокатываемого металла; при этом масса частиц размером более 1 мм составляет ~90% всей массы окалины.

6.2.1.4. Механические цеха. Вода используется для приготовления смазочноохлаждающих жидкостей, промывки окрашиваемых изделий, для гидравлических испытаний и обработки помещения. Основными примесями сточных вод являются пыль, Металлические и абразивные частицы, сода, масла, растворители, мыла, краски.

6.2.2 Участки машиностроительных предприятий

6.2.2.1. Термические участки. Для приготовления технологических растворов, используемых при закалке, отпуске и отжиге деталей; а также для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов и для обработки помещения используют воду. Основные примеси сточных вод – пыль минерального происхождения, металлическая окалина, тяжелые металлы, цианиды, масла и щелочи.

6.2.2.2. Травильные и гальванические участки. Вода используется для приготовления технологических растворов, применяемых при травлении материалов и деталей и нанесения на них покрытий; а также для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов и обработки помещения. Основные примеси сточных вод – пыль, металлическая окалина, эмульсии, щелочи и кислоты, тяжелые металлы и циан.

Типовой состав примесей сточных вод для указанных цехов и участков представлен в табл. 6.11.

Таблица 6.11 – Типовой состав примесей сточных вод

Тип цехов и участков	Виды сточных вод	Основные примеси	Концентрация примесей, кг/м ³	Температура, °С
Металлургические	От охлаждения печей	Взвешенные вещества	0,01–0,05	40–45
		Масла	0,01	
Литейные	От влажной газоочистки	Мелкодисперсная минеральная пыль	2–4	65
	От грануляторов стержневых смесей	Песок, частицы шлака	20–40	50
	От гидровывивки литья и регенерации земель	Песок, окалина, глина Органические вещества	0,5–15 0,05	15–30
Кузнечно-прессовые	От охлаждения поковок и оборудования	Взвешенные вещества минерального происхождения	0,1–0,2	30–40
		Окалина	5–8	
		Масла	10–15	

Окончание таблицы 6.11

Механические	Отработанные смазочно-охлаждающие жидкости	Взвешенные вещества Сода Масла	0,2–1 5–10 0,5–2	15–20
	Из гидрокамер окрасочных отделений	Органические растворители Масла, краска	0,1–0,2 0,1–0,3	15–25
	Из отделений гидравлических испытаний	Взвешенные вещества Масла	0,1–0,2 0,03–0,05	15–20
Термические	Промывные растворы	Окалина Щелочи Масла	0,02–0,03 0,02–0,03 0,01–0,02	50–60
	Из закалочных ванн	Взвешенные вещества минерального происхождения Тяжелые металлы Масла Цианиды	0,05–0,25 0,03–0,15 0,001–0,01 0,002–0,05	30–40
Травильные	Промывные воды	Механические Маслоэмульсии Щелочи Кислоты	0,4 0,05–0,1 0,02–0,2 0,02–0,25	15–25
Гальванические	Промывные воды	Хром Циан	0,005–0,2 0,005–0,15	20–30
	Отработанные электролиты	Тяжелые металлы Кислоты Щелочи Масла Хром Циан	0–10 0,04–20 0,02–30 0,02–0,05 5–200 10–100	20–25

Следует отметить, что в сварочных, монтажных, сборочных, испытательных цехах машиностроительных предприятий сточные воды содержат механические примеси, маслопродукты, кислоты и т. п. в значительно меньших концентрациях, чем в рассмотренных видах цехов и участков.

6.3 Загрязнение почвы отходами машиностроительных предприятий

Твердые отходы машиностроительного производства содержат: *амортизационный лом* (модернизация оборудования, оснастки, инструмента), *стружки и опилки металлов, древесины, пластмасс и т.п.*, *шлаки, золы, шламы, осадки и пыли* (отходы систем очистки воздуха и др.).

Количество амортизационного лома зависит от намеченного списания в лом изношенного оборудования и имущества, а также от замены отдельных деталей в планово-предупредительном ремонте. На машиностроительных предприятиях 55% амортизационного лома образуется от замены технологической оснастки и инструмента. Безвозвратные потери металла вследствие истирания и коррозии составляют ~25% от общего количества амортизационного лома.

Размеры отходов металла в производстве зависят от количества металла и сплавов, подлежащих переработке, и установленного коэффициента отходов. В основном машиностроительные предприятия образуют отходы от производства проката (концы, обрезки, обдирочная стружка, опилки, окалины и др.); производства литья (литники, сплески, шлаки и съемы, сор и др.); механической обработки (высечки, обрезки, стружки, опилки и др.). На предприятиях машиностроения отходы составляют 260 кг на одну тонну металла, иногда эти отходы составляют 50% массы обрабатываемых заготовок (при листовой штамповке потери металла достигают 60%). Основными источниками образования отходов легированных сталей являются металлообработка (84%) и амортизационный лом (16%).

В машиностроении на 1 млн. т потребляемых черных металлов безвозвратные потери металла, исчисляемые в тыс. т, составляют 5,4 – при обдирке, шлифовке, распиловке и других видах обработки, 2,1 – ковке, горячей штамповке и термической обработке (потери от окалины); 14 – травление металла; 15,2 – за счет неполного сбора отходов. Окончательными отходами считают такие, переработка которых нерентабельна из-за незначительного содержания в них металлов. Отнесение к нерентабельным и перевод их в отвальные шлаки и окончательные отходы решается руководством министерства или ведомства.

Шламы из отстойников очистных сооружений и прокатных цехов содержат большое количество твердых материалов, концентрация которых составляет от 20 до 300 г/л. После обезвреживания и сушки шламы используют в качестве добавки к агломерационной шихте или удаляют в отвалы. Шламы термических, литейных и других цехов содержат токсичные соединения свинца, хрома, меди, цинка, а также цианиды, хлорофос и др.

В небольших количествах промышленные отходы могут содержать ртуть, вылитую из вышедших из эксплуатации приборов и установок. Отходы, образующиеся на предприятиях машиностроения в результате использования радиоактивных веществ, обычно содержат небольшое количество изотопов с коротким периодом полураспада до 15 сут. Отходы производства, технология переработки которых еще не разработана, складывают и хранят до появления новой (рациональной) технологии переработки отходов.

Обычно твердые отходы среднего машиностроительного предприятия составляют, т/год:

Шлак, окалина, зола	40 000
Горелая формовочная земля	3 800
Шламы, флюсы	600
Абразивы	0,5–48
Древесные отходы	100–1500
Пластмассы	780
Бумага, картон	2,6–12
Мусор	150–20 000.

Тема 7 ПРОМЫШЛЕННЫЕ, ТОКСИЧНЫЕ ОТХОДЫ И ЗАЩИТА ПОЧВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

7.1 Классификация отходов, виды промышленных отходов

Отходами называют вещества или предметы, образующиеся в процессе осуществления экономической деятельности, жизнедеятельности человека и не имеющие определенного предназначения по месту их образования либо утратившие полностью или частично свои потребительские свойства. Иными словами, отходы – это вещества или предметы, которые не могут быть использованы в том же процессе, в котором образовались вследствие каких-либо причин, обстоятельств.

Так, отходами признаются:

- остатки полиэтиленовой пленки, которые по своему физическому состоянию или химическим свойствам не могут быть использованы для получения полиэтиленовых пакетов, так как уже не соответствуют установленным техническим требованиям;
- автомобильные шины, так как в процессе эксплуатации пришли к такому состоянию, что уже не соответствуют техническим требованиям, установленным к эксплуатируемым автомобильным шинам;
- древесные опилки, образовавшиеся в процессе пиления древесины на доски, как продукт обработки сырья, не имеющий определенного предназначения по месту образования.

Спектр веществ или предметов, которые могут быть признаны отходами, неограничен. Но для регулирования вещества или предметы, признанные отходами должны быть названы в соответствии с ОК РБ «Классификатор отходов, образующихся в Республики Беларусь», и отнесены к соответствующему виду отходов.

Вид отходов – совокупность отходов, имеющих общие признаки и классифицируемых в соответствии с настоящим Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами, в том числе техническими

нормативными правовыми актами. В соответствии со ст. 15 Закона «Об обращении с отходами» отходы классифицируются по видам в зависимости от:

1. происхождения – на отходы производства и отходы потребления;
2. агрегатного состояния – на твердые отходы и жидкие отходы;
3. степени опасности – на опасные отходы и неопасные отходы;
4. возможности их использования – на вторичные материальные ресурсы и иные отходы производства и потребления;
5. организации удаления отходов – на коммунальные отходы и прочие отходы.

Опасные отходы классифицируются по классам опасности:

- первый класс опасности – чрезвычайно опасные;
- второй класс опасности – высокоопасные;
- третий класс опасности – умеренно опасные;
- четвертый класс опасности – малоопасные.

Видов отходов может быть сколь угодно много, если можно выделить общий для классификации признак или признаки.

В силу п. 2 статьи 24 Закона «Об обращении с отходами» **смешивание отходов разных видов в соответствии с техническими нормативными правовыми актами допускается при захоронении и (или) обезвреживании отходов.**

Отходы производства – это отходы, образующиеся в процессе осуществления юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями экономической деятельности (производства продукции, энергии, выполнения работ, оказания услуг), побочные и сопутствующие продукты добычи и обогащения полезных ископаемых. Именно экономическая деятельность лица влечет образование отходов производства, поэтому такие отходы выделяются в самостоятельный вид.

Следовательно, производство продуктов питания, оказание косметологических услуг, выполнение строительных работ, производство программного обеспечения, розничная и оптовая продажа потребительских товаров, услуги образования, издательское дело, финансовая деятельность и другие виды экономической деятельности – источники образования **отходов производства.**

Отходы потребления – отходы, образующиеся в процессе жизнедеятельности человека, не связанной с осуществлением экономической деятельности, отходы, образующиеся в потребительских кооперативах и садоводческих товариществах, а также смет, образующийся на землях общего пользования.

Получается, что отработанные люминесцентные лампы, аккумуляторы, упаковочная бумага и картон, изношенные шины, которые признаны отходами и образовались дома у работника предприятия в процессе жизнедеятельности его семьи, по происхождению будут относиться к отходам потребления. Эти же отходы, образовавшиеся на предприятии, где он работает, уже будут относиться к отходам производства.

Ошибочным является утверждение, что если у субъекта хозяйствования нет производственной деятельности (например, банковская, издательская деятельность, связь, оптовая (розничная) торговля и тому подобное), то у него образуются только «бытовые отходы». Такого понятия нет. Отходы, образующиеся в результате экономической деятельности субъекта хозяйствования, всегда классифицируются как отходы производства.

Коммунальными отходами называют отходы потребления, а также отходы производства, включенные в утверждаемый Министерством жилищно-коммунального хозяйства перечень отходов, относящихся к коммунальным отходам.

Коммунальные отходы – это отходы одного вида, которые в зависимости от происхождения, подразделяются на коммунальные отходы потребления и коммунальные отходы производства.

Перечень коммунальных отходов утвержден постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 26.12.2019 № 31. Согласно этому документу к коммунальным отходам потребления относятся все коды и наименования отходов, относящихся к отходам, образующимся в процессе жизнедеятельности человека, не связанной с осуществлением экономической деятельности, образующимся в потребительских кооперативах и садоводческих товариществах, а также к смету, образующемуся на землях общего пользования.

К коммунальным отходам производства относятся определенные коды и наименования отходов, которые образуются в результате определенных видов деятельности.

Опасными признаются отходы, содержащие в своем составе вещества, обладающие каким-либо опасным свойством или их совокупностью, в таких количестве и виде, что эти отходы сами по себе либо при вступлении в контакт с другими веществами могут представлять непосредственную или потенциальную опасность причинения вреда окружающей среде, здоровью граждан, имуществу вследствие их вредного воздействия. Соответственно, отходы признаются **неопасными**, когда они не попадают под категорию опасных.

Отходы могут обладать следующими опасными свойствами: токсичность, патогенность, взрывоопасность, пожароопасность, высокая реакционная способность, способность при обезвреживании образовывать стойкие органические загрязнители. Перечень опасных свойств является открытым.

Определение опасных свойств ограничено лишь наличием допущенных к применению в соответствии с законодательством методик определения таких свойств.

Каждый класс опасности (первый, второй, третий, четвертый) опасных отходов производства рассматривается как самостоятельный вид отходов производства. Неопасные отходы также являются самостоятельным видом отходов.

Степень опасности отходов и класс опасности опасных отходов указываются в ОК РБ «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь».

Когда в Классификаторе отходов, образующихся в Республике Беларусь, степень опасности отходов и класс опасности опасных отходов не указаны, то установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства обеспечивают производители отходов производства в соответствии с инструкцией, утвержденной постановлением Минприроды, Минздрава и МЧС от 17.01.2008 № 3/13/2.

Класс опасности опасных отходов производства влияет на размер суммы **экологического налога за захоронение (хранение) отходов производства**, поскольку в зависимости от классов опасности опасных отходов производства установлены ставки экологического налога за захоронение (хранение) отходов производства.

При **смешивании** опасных отходов с неопасными отходами, опасных отходов разных классов опасности класс опасности полученной смеси отходов устанавливается по наиболее высокому классу опасности опасного отхода, входящего в смесь, если иное не определено при установлении степени опасности и класса опасности полученной смеси отходов.

Под **использованием отходов** понимают применение отходов для производства продукции, энергии, выполнения работ, оказания услуг. Сооружения (комплекс сооружений) и (или) оборудование (установки), предназначенные для использования отходов, называются **объектами по использованию отходов**.

Все объекты по использованию отходов, введенные в эксплуатацию на территории Республики Беларусь, **подлежат регистрации** в специальном реестре объектов по использованию отходов.

Кроме того, если на объекте по использованию отходов **осуществляется использование отходов 1–3 класса опасности**, получаемых от третьих лиц, то пользователю такого объекта **необходимо иметь специальное разрешение (лицензию)** на деятельность, связанную с использованием природных ресурсов и воздействием на окружающую среду, полученную в Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Порядок регистрации введенных в эксплуатацию объектов по использованию отходов и порядке учета введенных в эксплуатацию объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов установлен одноименным Положением, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.11.2019 № 818.

Регистрация в реестре введенного в эксплуатацию объекта по использованию отходов подтверждается свидетельством установленной формы.

Согласно п. 4 статьи 28 Закона «Об обращении с отходами» эксплуатация объектов по использованию отходов, не включенных в реестр таких объектов, не допускается.

Вторичные материальные ресурсы – это отходы, которые после их сбора могут быть вовлечены в гражданский оборот в качестве вторичного сырья и для использования которых в Республике Беларусь имеются объекты по использованию отходов;

Вторичное сырье – вторичные материальные ресурсы, которые подготовлены к использованию для производства продукции, электрической и (или) тепловой энергии (далее - энергия), выполнения работ, оказания услуг в соответствии с требованиями, установленными обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами.

Вторичные материальные ресурсы рассматриваются как самостоятельный вид отходов и подлежат обязательному сбору. Смешивание вторичных материальных ресурсов с иными отходами не допускается.

Подготовка вторичных материальных ресурсов к использованию может быть произведена там, где отходы образовались или там, где они будут непосредственно использоваться в качестве вторичного сырья.

В силу п. 5 статьи 25 Закона «Об обращении с отходами» захоронение вторичных материальных ресурсов запрещается.

Под **хранением отходов** понимается содержание отходов в местах временного хранения отходов, на объектах хранения отходов до перевозки их на подготовку, захоронение, обезвреживание и (или) использование.

Исходя из возможности направить отходы на использование, обезвреживание или захоронение, различают:

- **временное хранение отходов**, то есть накопление таких отходов, которые могут быть переданы на подготовку, использование, обезвреживание или захоронение;
- **долговременное хранение отходов**, которое организуется для отходов, которые не могут быть переданы на использование, обезвреживание или захоронение, так как для таких отходов нет соответствующих объектов использования, обезвреживания, захоронения.

Согласно п. 1 статьи 25 Закона «Об обращении с отходами» хранение отходов производства допускается только в **санкционированных местах хранения отходов**, под которыми понимаются объекты хранения отходов или места временного хранения отходов, определенные собственнику отходов для их хранения в соответствии с Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами.

При временном хранении отходов производства санкционированные места их хранения указываются в **инструкциях по обращению с отходами производства**, разрабатываемых, согласовываемых и утверждаемых лицами, осуществляющими обращение с отходами производства в установленном порядке (Инструкция о порядке разработки и утверждения инструкции по обращению с отходами производства утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 22.10.2010 № 45).

При долговременном хранении отходов производства санкционированные места их хранения указываются в разрешениях на хранение отходов производства.

Захоронение отходов – изоляция отходов на объектах захоронения отходов в целях предотвращения вредного воздействия отходов, продуктов их взаимодействия и (или) разложения на окружающую среду, здоровье граждан, имущество, находящееся в собственности государства, имущество юридических и физических лиц (далее - имущество), не предусматривающая возможности их дальнейшего использования. В свою очередь **объекты захоронения отходов** – полигоны и иные сооружения, предназначенные для захоронения отходов.

На захоронение могут вывозиться только такие отходы производства, для которых нет объектов обезвреживания и нет действующих технологий использования этих отходов.

Деятельность по захоронению отходов лицензируется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды. Поэтому лица, выполняющие в договорном порядке работы по захоронению отходов для третьих лиц (собственников отходов производства) обязаны иметь специальное разрешение (лицензию) на деятельность, связанную с использованием природных ресурсов и воздействием на окружающую среду, полученную в Минприроды.

Захоронение отходов производства допускается только в санкционированных местах захоронения отходов, под которыми понимаются объекты захоронения отходов, определенные собственнику отходов для их захоронения в соответствии с Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами.

Санкционированные места захоронения отходов производства указываются в **разрешениях на захоронение отходов производства**.

Порядок выдачи и аннулирования разрешений на хранение и захоронение отходов производства, а также приостановления их действия установлен Положением, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.11.2019 № 818.

7.2 Образование и обращение с отходами

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды (Минприроды) осуществляет меры по реализации единой государственной политики в области обращения с отходами, обеспечивает разработку и выполнение планов и мероприятий по обращению с отходами. Совместно с территориальными органами Минприроды постоянно ведется работа по осуществлению государственного контроля за обращением с отходами, недопущением захоронения вторичных материальных ресурсов, по выявлению несанкционированных мест размещения отходов, соблюдением схем обращения с коммунальными отходами. Ежегодно в рамках осуществления

контроля за обращением с отходами территориальными органами Минприроды проводится свыше 18 тыс. контрольных мероприятий.

В 2021 г. в Республике Беларусь образовалось свыше 62,2 млн. тонн отходов производства. Из общего объема наиболее значительный объем образования крупнотоннажных отходов: галитовых отходов и шламов галитовых глинисто-солевых – около 42,28 млн. тонн; фосфогипса – 918,13 тыс. тонн. По сравнению с предыдущим годом увеличение объема образования отходов составило 1,7% (в 2020 году данный показатель составлял 1,7%).

Образование отходов производства на территории Беларуси неравномерно: без учета галитовых отходов, глинисто-солевых шламов и фосфогипса 24.4% отходов образуется на предприятиях, расположенных в Минской области; 18.3% – Могилевской; 14.3% – в г.Минске; 13.3.% – в Гомельской; 13.3% – в Гродненской; 11.9% – в Брестской; 4.6% – в Витебской области.

Объем использования отходов производства без учета крупнотоннажных отходов в 2021 году составил 17234,52 тыс. тонн, а уровень использования отходов производства – порядка 90%. Сохранился высокий уровень использования традиционных видов вторичных материальных ресурсов, относящихся к отходам производства. Согласно данным госстатотчетности 1-отходы (Минприроды) по итогам 2021 года отходов бумаги и картона образовалось 475,38 тыс. тонн, использовано 452,41, уровень использования составил 95,1%; отходов стекла образовалось 360,37 тыс. тонн отходов, использовано 354,84 тыс. тонн (98,5%); полимерных отходов образовалось 168,88 тыс. тонн, использовано 156,8 (92,8%); изношенных шин образовалось 86,66 тыс. тонн, использовано 80,71 тыс. тонн (93,1%); отходов синтетических и минеральных масел (отработанные масла) образовалось 35,77 тыс. тонн, использовано – 35,81 тыс. тонн (100%).

Кроме этого, в 2021 году более 127 тыс. тонн отходов производства было обезврежено, порядка 750 тыс. тонн направлено на захоронение на объекты захоронения отходов. Объем накопленных отходов на объектах хранения предприятий увеличился за 2021 год на 3,2% и составил на конец года свыше 1327,7 млн. тонн, из них отходов 1–4 класса опасности – 1316,508 млн. тонн.

Предприятиями республики проведено более 1700 мероприятий, направленных на сокращение объемов образования и (или) накопления отходов производства.

Минприроды координирует работу по реализации в Республике Беларусь положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях и Базельской конвенции о контроле за трансграничным перемещением опасных отходов и их удалением.

В целях выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, в настоящее время реализуется подпрограмма³ «Обращение со стойкими органическими загрязнителями» государственной программы

«Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021 – 2025 годы», утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 февраля 2021 г. № 99. В рамках выполнения требований Базельской конвенции о контроле за трансграничным перемещением опасных отходов и их удалением Минприроды осуществляет выдачу разрешительных документов на трансграничное перемещение отходов.

В рамках реализации Указа Президента Республики Беларусь от 1 сентября 2010 г. № 450 «О лицензировании отдельных видов деятельности» Минприроды осуществляется лицензирование деятельности, связанной с воздействием на окружающую среду в части использования отходов 1–3 класса опасности, обезвреживания, захоронения отходов.

Для решения проблемных вопросов в части управления опасными веществами (отходами) Республикой Беларусь было привлечено финансирование Глобального экологического фонда для реализации двух крупномасштабных проектов с общим объемом финансирования более 12 млн. долл. США. Ожидается, что реализация проектов позволит ликвидировать все склады непригодных пестицидов, уничтожить 2370 тонн опасных отходов, содержащих ПХБ, 1900 тонн непригодных пестицидов, провести детальное обследование 5 подземных хранилищ непригодных пестицидов, приобрести аналитическое оборудование и многое другое. Одним из основных мероприятий реализации данных проектов является создание объекта экологически безопасного уничтожения стойких органических загрязнителей и других опасных отходов на базе КУП «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области».

В соответствии с пунктом 1.6 статьи 9 Закона Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. № 271-З «Об обращении с отходами» координацию деятельности в сфере обращения с ВМР осуществляет Министерство жилищно-коммунального хозяйства путем создания государственной некоммерческой специально уполномоченной организации – оператора в сфере обращения со вторичными материальными ресурсами (ГУ «Оператор вторичных материальных ресурсов»).

Совместно с ГУ «Оператор вторичных материальных ресурсов» организацию работ в сфере обращения с ВМР осуществляют местные исполнительные и распорядительные органы.

В соответствии с пунктом 3 статьи 17 Закона Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. № 271-З «Об обращении с отходами» физические лица, не являющиеся индивидуальными предпринимателями, обязаны обеспечивать сбор отходов и их разделение по видам, если для этого юридическими лицами, обслуживающими жилые дома, созданы в соответствии с настоящим Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами, в том числе обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами, необходимые условия.

Так, в настоящее время в республике действуют следующие механизмы сбора ВМР в составе коммунальных отходов:

- заготовка ВМР через систему приемных (заготовительных) пунктов;
- отдельный сбор отходов от населения с помощью специально установленных контейнеров для отдельного сбора ВМР (отходы стекла, полимерные отходы, отходы бумаги и картона) с их последующей дополнительной сортировкой (досортировкой) на линиях сортировки;
- сортировка смешанных коммунальных отходов на линиях сортировки и на мусороперерабатывающих заводах.

Функционирующая в настоящее время система сбора ВМР (по состоянию на 1 января 2021 г.) включает в себя 429 организаций жилищно-коммунального хозяйства, потребительской кооперации, организаций ОАО «Белресурсы» – управляющей компании холдинга «Белресурсы», организаций без ведомственной подчиненности, индивидуальных предпринимателей. В их числе: организаций жилищно-коммунального хозяйства – 141, организаций потребительской кооперации – 67.

В 2021 году сбор основных видов вторичных материальных ресурсов (отходы бумаги и картона, отходы стекла, полимерные отходы, изношенные шины, обработанные масла, отходы ЭЭО) составил 790,56 тыс. тонн.

В соответствии с Государственной программой «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021 – 2025 годы», утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 января 2021 г. № 50, реализуется подпрограмма 6 «Цель 99».

Движение «Цель 99» запущено как единая информационная кампания для развития ответственного отношения жителей Республики Беларусь к отходам потребления, популяризации использования и отдельного сбора отходов, стремления сортировать максимум отходов.

Так, для реализации указанного движения создан сайт «Цель 99%». В разделе «Информация» указанного сайта размещена информация о отдельном сборе отходов потребления (что собирать, как собирать, куда собирать, в какой контейнер выбрасывать). Кроме того, размещены **памятки, листовки** с правилами отдельного сбора отходов. Также на данном сайте размещен **список приемных (заготовительных) пунктов** для г. Минска и областей с указанием адреса, графика работы и видов принимаемых ВМР.

Также в республике имеется крупное специализированное предприятие ОАО «Белвторресурсы», одним из основных видов деятельности которого является сбор (заготовка) ВМР от населения через приёмные (заготовительные) пункты.

7.2.1 Перечень основных нормативных правовых актов в области обращения с отходами

1. Закон Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. № 271-3 «Об обращении с отходами».

2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 ноября 2019 г. № 818 «О порядке обращения с отходами» (вместе с Положением о порядке регистрации сделок о передаче опасных отходов на определенный срок (кроме договора перевозки), а также об отчуждении опасных отходов другому юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю, осуществляющим обращение с отходами, Положением о порядке согласования инструкций по обращению с отходами производства, Положением о порядке согласования схем обращения с отходами, образующимися на землях природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения, Положением об основаниях, условиях, порядке выдачи и аннулирования разрешений на хранение и захоронение отходов производства, Положением о порядке регистрации введенных в эксплуатацию объектов по использованию отходов и порядке учета введенных в эксплуатацию объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов, Положением о порядке разработки и утверждения нормативов образования отходов производства).

3. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22 января 2020 г. № 36 «О перечне опасных отходов, сделки с которыми подлежат регистрации».

4. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 20 ноября 2019 г. № 39 «Об обращении с отходами» (вместе с Инструкцией о порядке разработки и утверждения схем обращения с отходами, образующимися на землях природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения).

5. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 февраля 2008 г. № 17 «Об утверждении Инструкции о порядке инвентаризации отходов производства».

6. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 9 сентября 2019 г. № 3-Т «Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь» (вместе с общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь»).

7. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 22 октября 2010 г. № 45 «Об утверждении Инструкции о порядке разработки и утверждения инструкции по обращению с отходами производства».

8. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 29 ноября 2019 г. № 41/108/65 «О порядке

установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства».

9. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 9 декабря 2008 г. № 112 «Об установлении формы сопроводительного паспорта перевозки отходов производства и утверждении Инструкции о порядке его оформления».

10. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 24 июня 2008 г. № 62 «Об утверждении Правил обращения с оборудованием и отходами, содержащими полихлорированные бифенилы».

11. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 14 января 2022 г. № 3 «Об утверждении регламентов административных процедур в области обращения с отходами» (вместе с Регламентом административной процедуры, осуществляемой в отношении субъектов хозяйствования, по подпункту 6.15.1 «Включение в реестр объектов по использованию отходов, реестр объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов с получением свидетельства о включении объектов по использованию отходов, объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов в реестры», Регламентом административной процедуры, осуществляемой в отношении субъектов хозяйствования, по подпункту 6.15.2 «Внесение изменения в реестр объектов по использованию отходов и реестр объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов», Регламентом административной процедуры, осуществляемой в отношении субъектов хозяйствования, по подпункту 6.17.1 «Регистрация сделки о передаче опасных отходов на определенный срок (кроме договора перевозки) либо об отчуждении опасных отходов другому юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю, осуществляющим обращение с отходами», Регламентом административной процедуры, осуществляемой в отношении субъектов хозяйствования, по подпункту 6.26.1 «Согласование инструкции по обращению с отходами производства», Регламентом административной процедуры, осуществляемой в отношении субъектов хозяйствования, по подпункту 6.33.1 «Согласование схем обращения с отходами, образующимися на землях природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения», Регламентом административной процедуры, осуществляемой в отношении субъектов хозяйствования, по подпункту 6.36.1 «Получение разрешения на хранение и захоронение отходов производства», Регламентом административной процедуры, осуществляемой в отношении субъектов хозяйствования, по подпункту 6.36.2 «Внесение изменения в разрешение на хранение и захоронение отходов производства», Регламентом административной процедуры, осуществляемой в отношении субъектов хозяйствования, по подпункту 25.13.2 «Получение заключения (разрешительного документа) на ввоз

на таможенную территорию Евразийского экономического союза и (или) вывоз с этой территории, в том числе перемещение через территорию Республики Беларусь транзитом, либо ввоз в Республику Беларусь с территории государства – члена Евразийского экономического союза и (или) вывоз из Республики Беларусь на территорию государства – члена Евразийского экономического союза, в том числе перемещение через территорию Республики Беларусь транзитом, включенных в единый перечень товаров, к которым применяются меры нетарифного регулирования в торговле с третьими странами, предусмотренный Протоколом о мерах нетарифного регулирования в отношении третьих стран к Договору о евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года (приложение № 7), опасных отходов»).

7.3 Динамика образования отходов

Отходы производства

В 2015 г. в Республике Беларусь образовано около 49,9 млн т отходов производства.

По сравнению с предыдущим годом уменьшение объема образования отходов составило 5 %, что обусловлено уменьшением годового выхода отходов производства пищевых и вкусовых продуктов, металлургических шлаков, вскрышных пород и др. (рисунок 7.1). В частности, объем образования вскрышных пород уменьшился по сравнению с 2014 г. на 1,14 млн т.

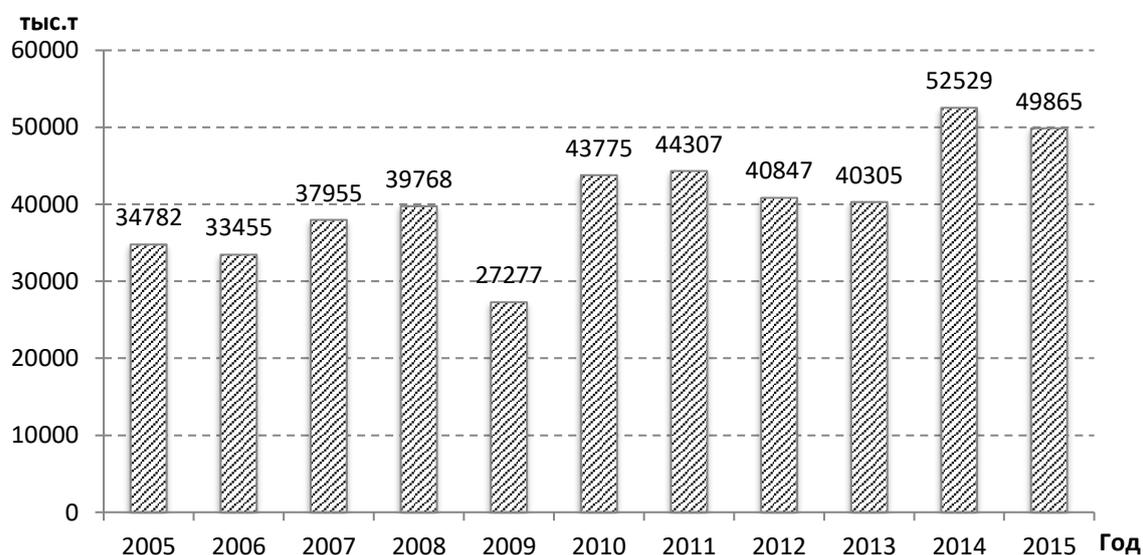


Рисунок 7.1 – Динамика образования отходов производства в 2005–2015 гг. (по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь)

В общем объеме образования отходов значительную часть составляют крупнотоннажные отходы: галитовые отходы и шламы галитовые глинисто-солевые – 33,69 млн т (68%) и фосфогипс – 660,1 тыс. т (1,3%). Если

рассматривать образование отходов производства без учета крупнотоннажных отходов, то в 2015 г. их объем равнялся 16172 тыс. т (таблица 7.1) и уменьшился по сравнению с предыдущим годом на 15%.

Образование отходов производства на территории Беларуси неравномерно. Без учета галитовых отходов и глинисто-солевых шламов и фосфогипса около 29,7% отходов образуется на предприятиях, расположенных в Могилевской области; 15,7% – в Гомельской; 18,7% – в Минской; 12,8% – в г. Минске; 11,5% – в Гродненской; 8% – в Брестской; 3,6% – в Витебской области.

Таблица 7.1 – Образование, использование и удаление отходов на предприятиях Республики Беларусь в 2015 г. без учета крупнотоннажных отходов (в разрезе областей), тыс. т

Область	Образовано	Использовано, передано	Удалено**	Наличие на предприятиях в конце года
Брестская	1244	1039	241	1579
Витебская	552	388	173	736
Гомельская	3097	2632	1306	7290
Гродненская	1786	1008	827	3129
Минская	2908	2670	272	2216
г. Минск	1980	1177	820	2550
Могилевская	4605	2557	2264	14245
Республика Беларусь	16172	11471	5903	31745

*Незначительные расхождения в данных объясняются округлением;

**На хранение, захоронение, обезвреживание.

Во всех областях и г. Минске основные объемы образования отходов определяются суммарными объемами отходов по отходообразующим предприятиям. В частности, согласно статистическим данным за период 2006–2015 гг. свыше 70% отходов в Брестской области образуется на Брестском КУП ВКХ «Водоканал», ОАО «Жабинковский сахарный завод», в филиале «Ивацевичский спиртзавод», ЗАО «Пинскдрев», филиале «Бродницкий крахмальный завод», ГУПП «Березовское ЖКХ», ОАО «Березовский комбинат силикатных изделий», ОАО «Ивацевичидрев», ОАО «Лунинецлес», ОАО «Белсоллод»; около 77% в Могилевской области – на ПРУП «Белорусский цементный завод», РУП «Завод газетной бумаги», ОАО «Фандок», ОАО «Могилевский ЗИВ», Костюковичский спиртзавод, Бобруйский РУП «Гидролизный завод».

Свыше 77% (38,61 млн. т) образующихся в стране отходов приходится на обрабатывающую промышленность, далее следует горнодобывающая промышленность – более 8% (4,16 млн. т), остальные 15% (7,09 млн. т) приходится на производство и распределение электроэнергии, газа и воды, строительство и сельское хозяйство.

В 2015 г. в Беларуси установлено 1402 наименования образующихся отходов с широким спектром морфологических и химических свойств. Структура градации отходов (без учета крупнотоннажных) была следующей: в общей массе отходов (15511,9 тыс. т) доля отходов минерального происхождения составляет 56,1%, отходов растительного и животного происхождения – 26,5%, отходов жизнедеятельности населения и подобных им отходов промышленности – 4,4%, отходов химических производств и производств, связанных с ними – 3,0%, отходов (осадков) водоподготовки котельно–теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях – 9,9% и медицинских отходов – 0,1% (рисунок 7.2).

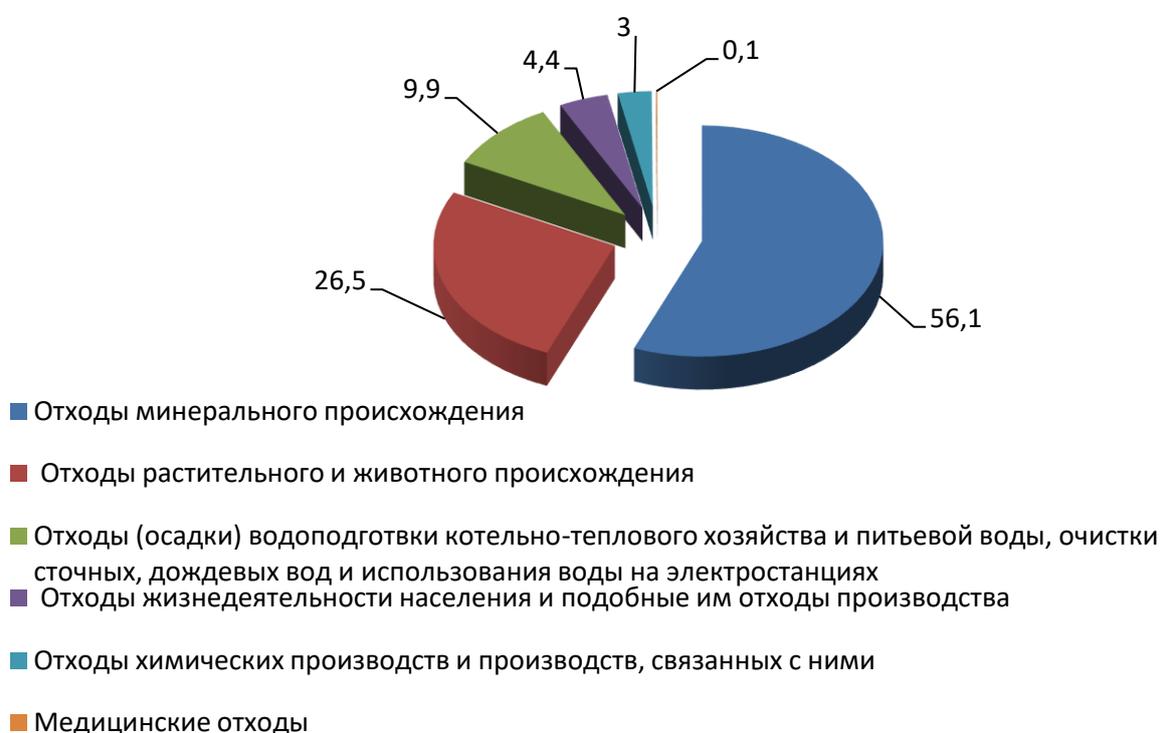


Рисунок 7.2 – Структура образования отходов производства в 2015 г., % (без учета крупнотоннажных отходов)

В 2015 г. на предприятиях Брестской области образовалось 1244,0 тыс. т отходов (рисунок 7.3). Номенклатура отходов производства на предприятиях Брестской области составляет 617 наименований. Наибольшими объемами образования выделяются отходы растительного и животного происхождения 582,6 тыс. т (46,8%), отходы (осадки) водоподготовки котельно–теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях приходится 357,1 тыс. т (28,7%), отходы минерального происхождения 210,8 тыс. т (17% от общего объема образования отходов в Брестской области). На долю отходов жизнедеятельности населения и подобные им отходы производства 58,8 тыс. т (4,7%);

а отходов химических производств и производств, связанных с ними, и медицинских отходов, представляющих наибольшую экологическую опасность – 34,7 тыс. т (2,8%).

Около 81% отходов производства образуется на предприятиях Брестского (552,13 тыс. т), Пинского (209,35 тыс. т), Березовского (84,23 тыс. т), Ганцевичского (76,96 тыс. т) и Барановичского (84,23 тыс. т), Жабинковского (93,23 тыс. т) районов.

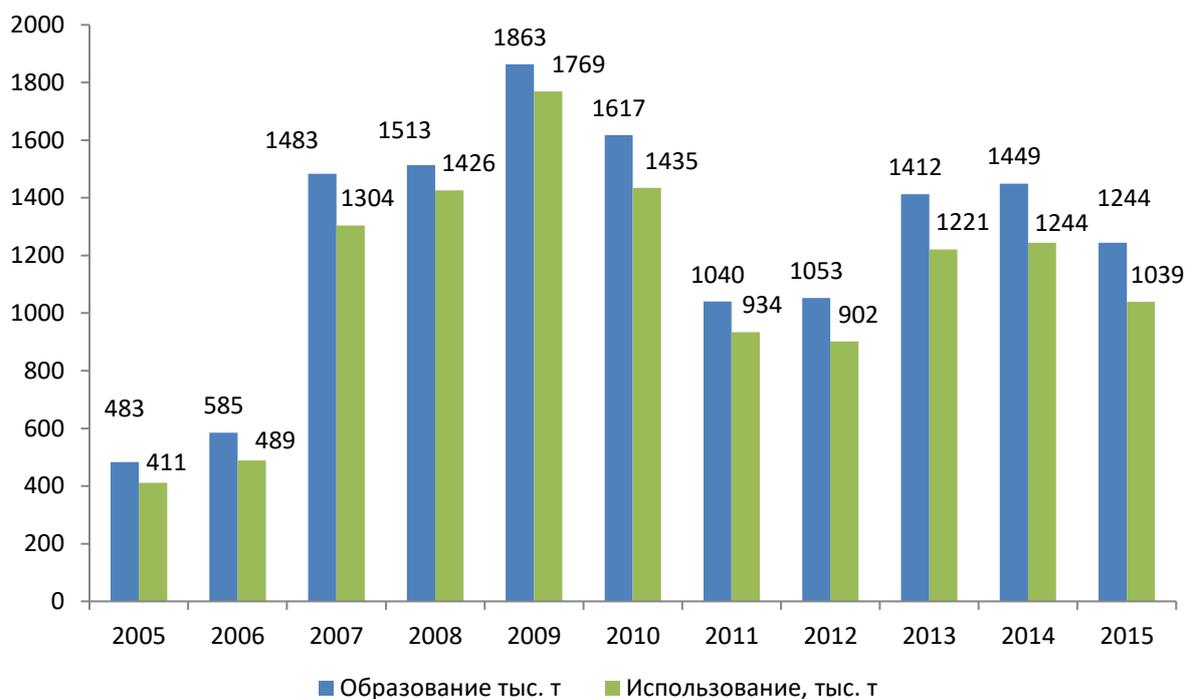


Рисунок 7.3 – Динамика образования и использования отходов производства в Брестской области за 2005–2015 гг.

На предприятиях Витебской области образовалось 552 тыс. т отходов (рисунок 7.4). Номенклатура отходов производства составляет 578 наименований. Наибольшими объемами образования выделяются отходы растительного и животного происхождения – 262,572 тыс. т (47,6%), отходы минерального происхождения – 171,542 тыс. т (31,1% от общего объема образования отходов в Витебской области), отходы жизнедеятельности населения и подобные им отходы производства 64,842 тыс. т (11,8%). На долю отходов (осадков) водоподготовки котельно-теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях приходится 38,015 тыс. т (6,9%); а отходов химических производств и производств, связанных с ними, и медицинских отходов, представляющих наибольшую экологическую опасность – 14,128 тыс. т. (2,6%).

Свыше 85,8% отходов производства образуется на предприятиях Витебского (124,1 тыс. т), Оршанского (67,08 тыс. т), Полоцкого (70,48 тыс. т),

Сенненского (57,98 тыс. т) Поставского (43,17 тыс. т), Толочинского (51,64 тыс. т), Чашникского (58,77 тыс. т) районов.

Уменьшение объемов образования и использования отходов относительно 2014 года связано со снижением объема образования отходов обработки и переработки древесины, отходов производства вкусовых продуктов, прочих твердых минеральных отходов.

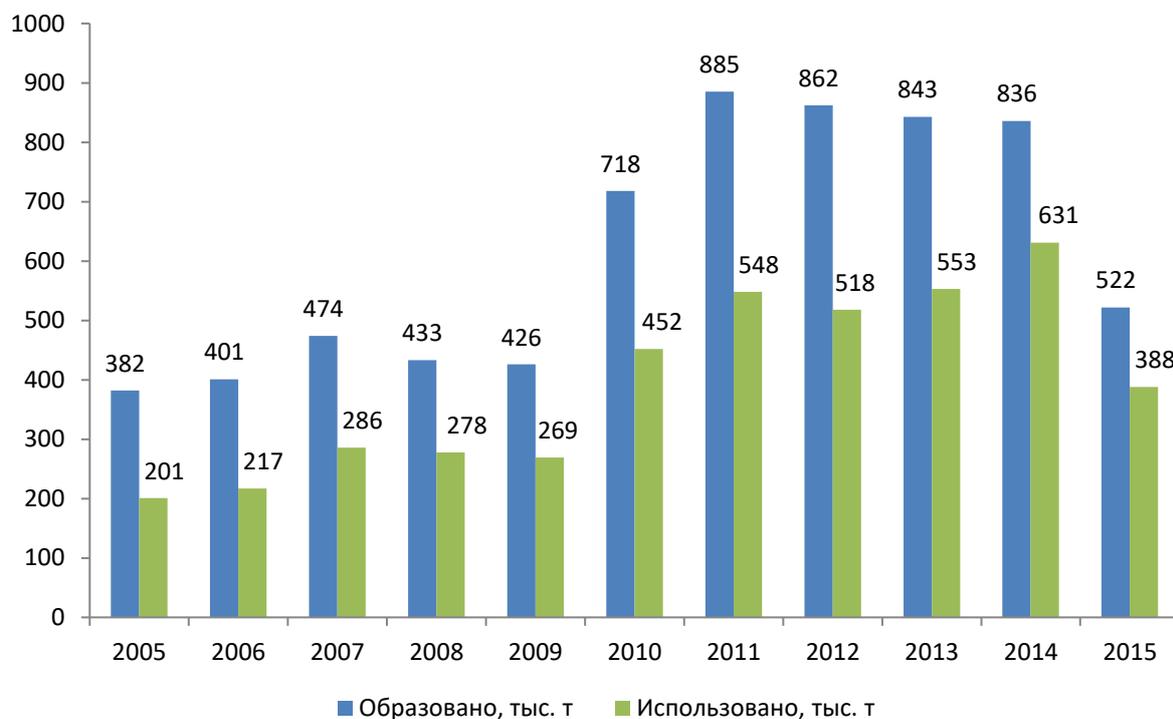


Рисунок 7.4 – Динамика образования и использования отходов производства в Витебской области за 2005–2015 гг.

На предприятиях Гомельской области в 2015 г. образовалось 3097,4 тыс. т. отходов (рисунок 7.5).

Наибольшие объемы образования характерны для отходов минерального происхождения 2195,8 тыс. т или 70,9% от общего объема образования отходов Гомельской области) и отходов растительного и животного происхождения (633,7 тыс. т или 20,5%). Доля отходов (осадков) водоподготовки котельно-теплового хозяйства, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях составляет 3,1% (95,7 тыс. т), а отходов жизнедеятельности населения и подобных им отходов производства – 2,7% (85,1 тыс. т). Объем образования медицинских отходов и отходов химических производств, представляющих наибольшую экологическую опасность – 87,1 тыс. т (2,8%).

Свыше 77,9% отходов производства образуется на предприятиях Жлобинского (1385,1 тыс. т) и Гомельского (1028,7 тыс. т) районов.

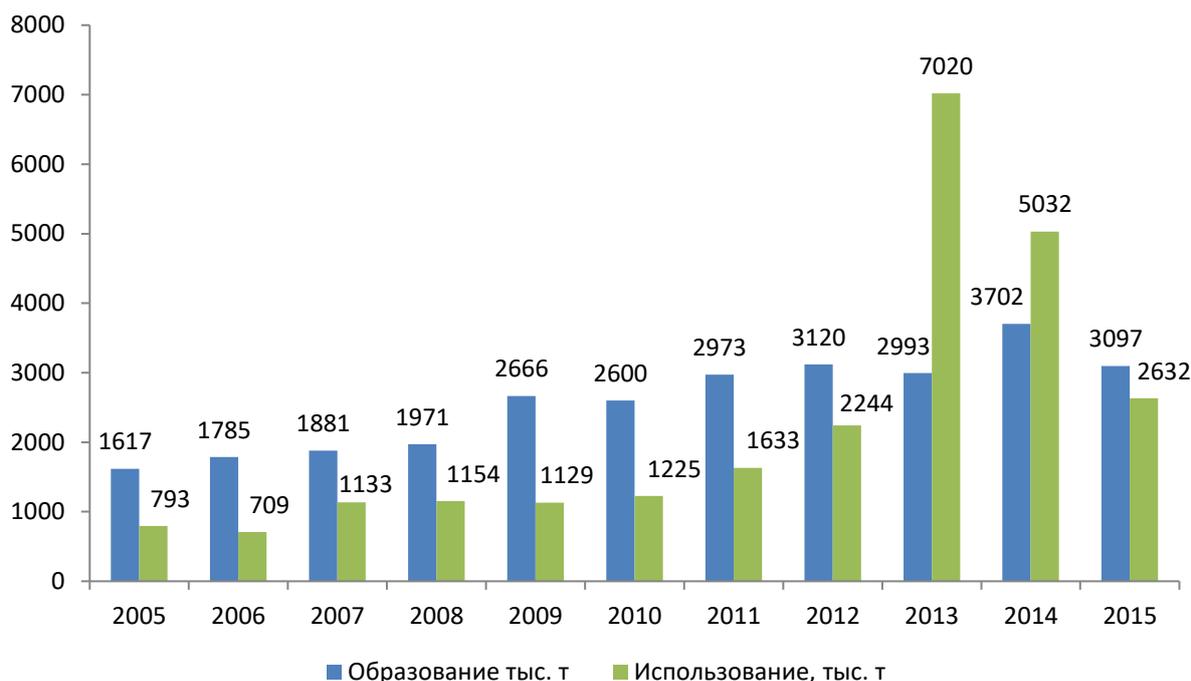


Рисунок 7.5 – Динамика образования и использования отходов производства в Гомельской области за 2005–2015 гг.

(превышение использования отходов относительно их образования связано с частичным использованием и удалением ранее накопленных отходов)

На предприятиях Гродненской области образовалось 1786 тыс. т отходов (рисунок 7.6). Номенклатура отходов производства составляет 729 наименований. Наибольшими объемами образования выделяются отходы минерального происхождения – 595,6 тыс. т (33,3% от общего объема образования отходов в Гродненской области); отходы растительного и животного происхождения – 466,9 тыс. т (26,14%) отходы химических производств и производств, связанных с ними – 179,32 (10%) и медицинские отходы – 1,8 тыс. т (0,1%) отходы жизнедеятельности населения и подобные им отходы производства 88,0 тыс. т. (4,9%). На долю отходов (осадков) водоподготовки котельно-теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях приходится 454,2 тыс. т (30,5%).

В 2015 году произошло уменьшение объемов образования и использования отходов растительного и животного происхождения (производство вкусовых продуктов), прочих твердых минеральных отходов, осадков водоподготовки.

В территориальном разрезе произошло уменьшение образования отходов в Гродненском, Лидском, Волковысском, Слонимском районах.

Около 95,3% отходов производства образуется на предприятиях Гродненского (921,66 тыс. т), Сморгонского (247,29 тыс. т), Волковысского (275,83 тыс. т), Слонимского (184,5 тыс. т) районов (рисунок 7.6).

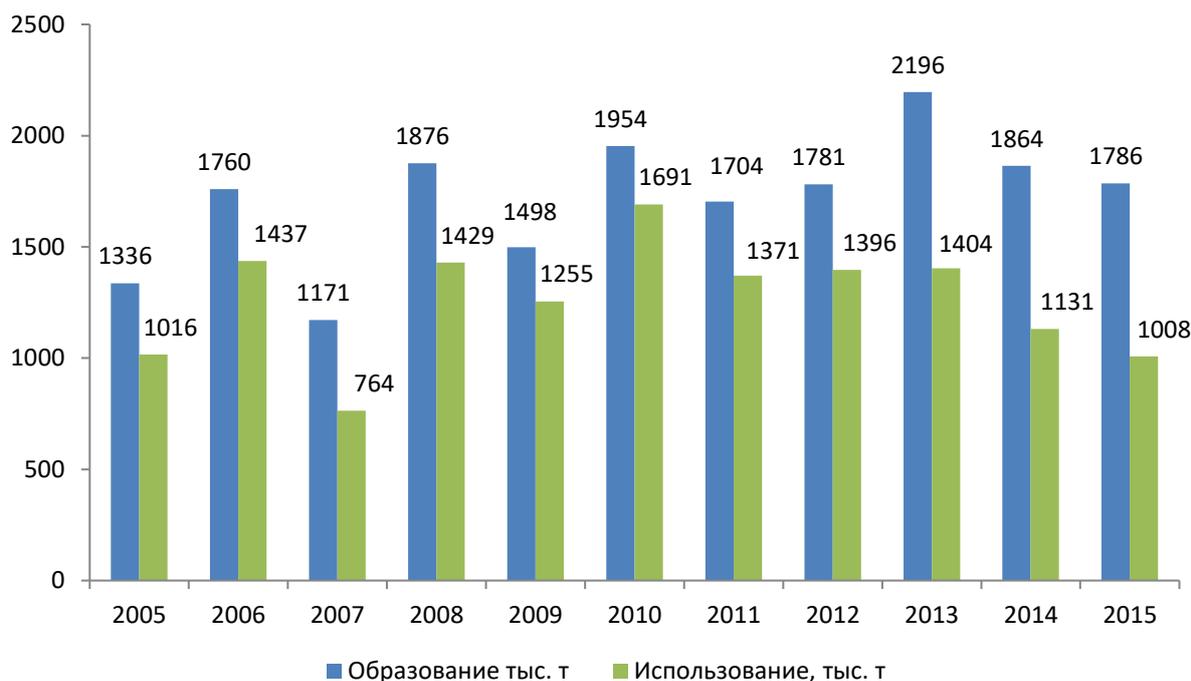


Рисунок 7.6 – Динамика образования и использования отходов производства в Гродненской области за 2005–2015 гг.

На предприятиях г. Минска образовалось 1980 тыс. т отходов (рисунок 7.7).

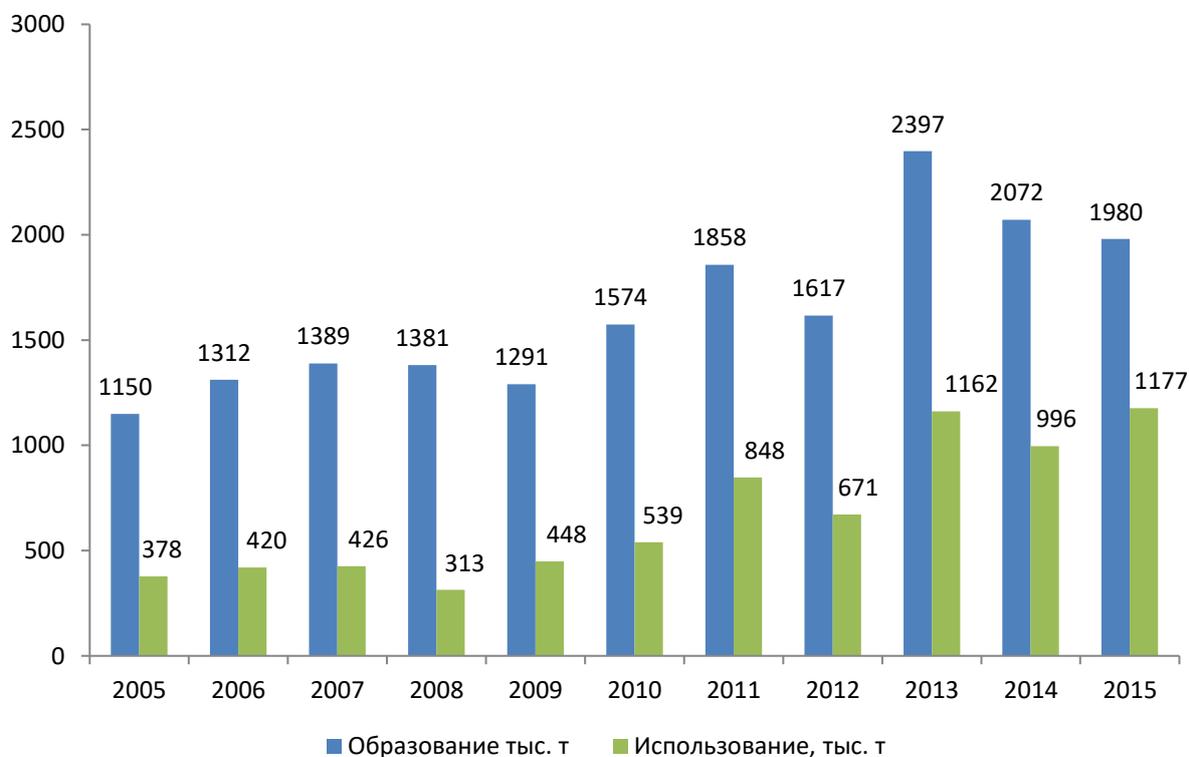


Рисунок 7.7 – Динамика образования и использования отходов производства в г. Минске за 2005–2015 гг.

Номенклатура отходов производства составляет 805 наименований. Наибольшими объемами образования выделяются отходы минерального происхождения 1168,0 тыс. т или 59% от общего объема образования отходов); отходы растительного и животного происхождения (318,8 тыс. т или 16,1%), отходы жизнедеятельности населения и подобные им отходы производства (208,5 тыс. т или 10,5%), отходов (осадков) водоподготовки котельно-теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях (237,0 тыс. т или 12%). На долю отходов химических производств и производств, связанных с ними, и медицинских отходов, представляющих наибольшую экологическую опасность, приходится 2,4%.

В 2015 г. на предприятиях Минской области по данным государственной статистической отчетности образовалось 36601 тыс. т. отходов (с учетом крупнотоннажных отходов).

Свыше 92% образующихся в Минской области отходов производства (с учетом крупнотоннажных галитовых отходов и глинисто-солевых шламов) приходится на Солигорский район (рисунок 7.8).

В 2015 г. на предприятиях Могилевской области образовалось 4605,3 тыс. т отходов (рисунок 7.9). Номенклатура отходов производства составляет 657 наименований. Наибольшими объемами образования выделяются отходы минерального происхождения 3782 тыс. т (82,1% от общего объема образования отходов в Могилевской области); отходы растительного и животного происхождения 416,1 тыс. т (9,0%).

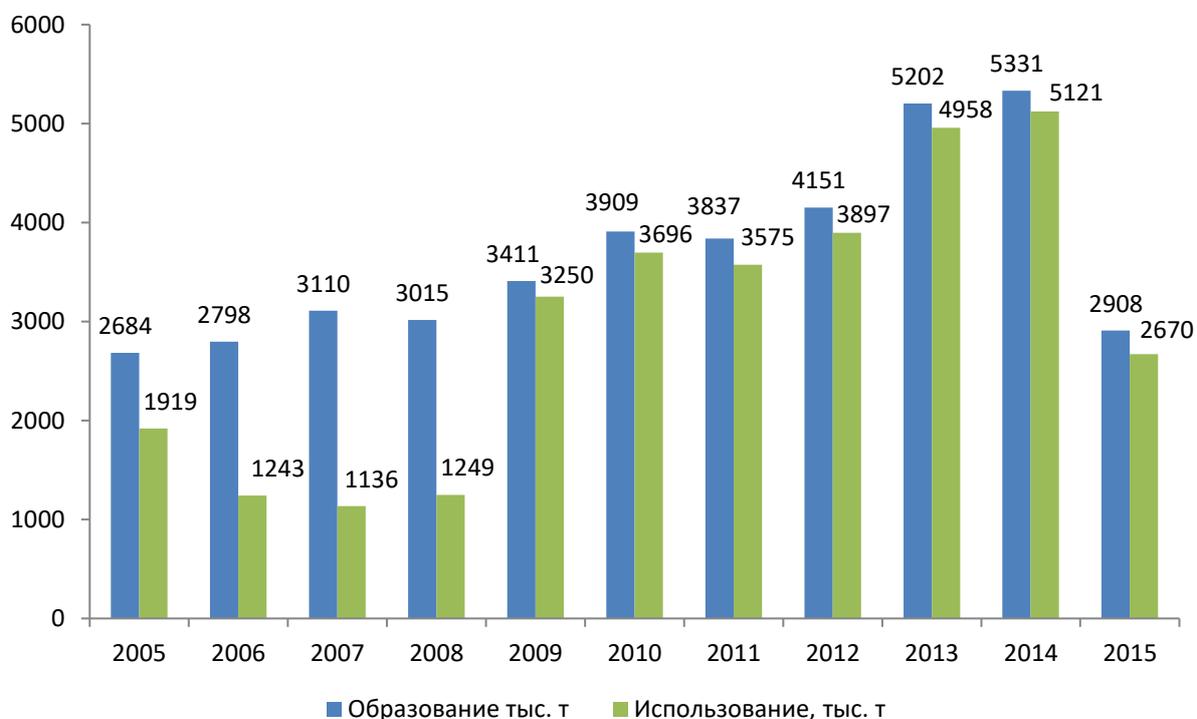


Рисунок 7.8 – Динамика образования и использования отходов производства в Минской области за 2006–2015 гг. (без учета крупнотоннажных отходов)

На отходы жизнедеятельности населения и подобные им отходы производства приходится 59,3 тыс. т (1,3%); на отходы (осадки) водоподготовки котельно-теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях – 271,2 тыс. т (5,9%); на долю отходов химических производств и производств, связанных с ними, и медицинских отходов, представляющих наибольшую экологическую опасность, – 76,7 тыс. т (1,7%).

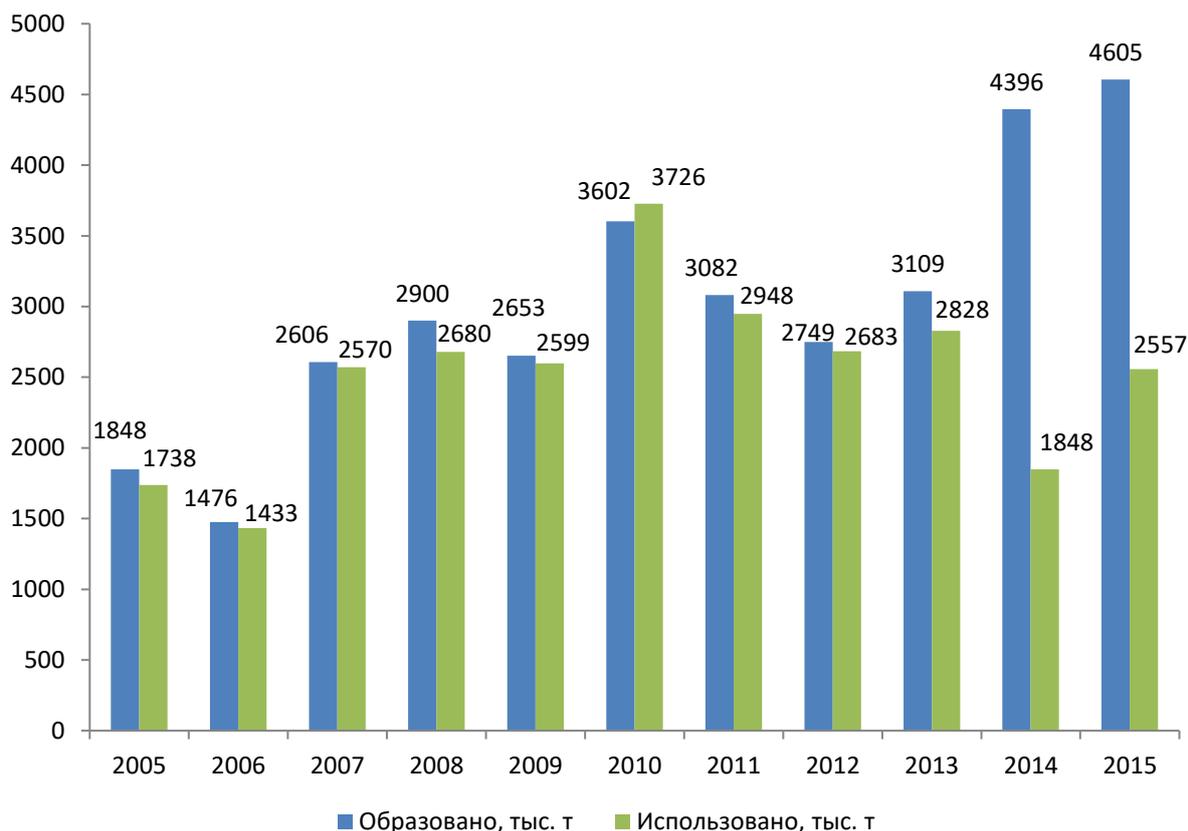


Рисунок 7.9 – Динамика образования и использования отходов производства в Могилевской области за 2005–2015 гг.

Свыше 89% отходов производства образуется на предприятиях Костюковичского (3371,68 тыс. т), Бобруйского (416,83 тыс. т), Могилевского (328,0 тыс. т) районов.

Опасные отходы производства

В 2015 г. объем образования на предприятиях Беларуси отходов 1–4 классов опасности составил 41227,19 тыс. т (таблица 7.2.), увеличившись по сравнению с 2014 г. на 0,5%. Основная доля (97% или 40019,4,0 тыс. т) из них приходилась на отходы 4 класса опасности. Динамика образования отходов производства 1–3 классов опасности приведена на рисунке 7.10.

Таблица 7.2 – Образование, использование и удаление отходов производства 1–4 классов опасности в 2015 г., тыс. т

Класс опасности	Образовано	Использовано, передано*	Удалено**
1 класс	16,10	13,63	2,98
2 класс	12,72	6,44	6,32
3 класс	1178,98	869,71	658,76
Всего 1–3 класс*	1207,80	889,78	668,06
4 класс	40019,39	4820,34	35413,33
Всего 1–4 класс*	41227,19	5710,12	36081,39

*Незначительные расхождения в данных объясняются округлением;

**На хранение, захоронение, обезвреживание.

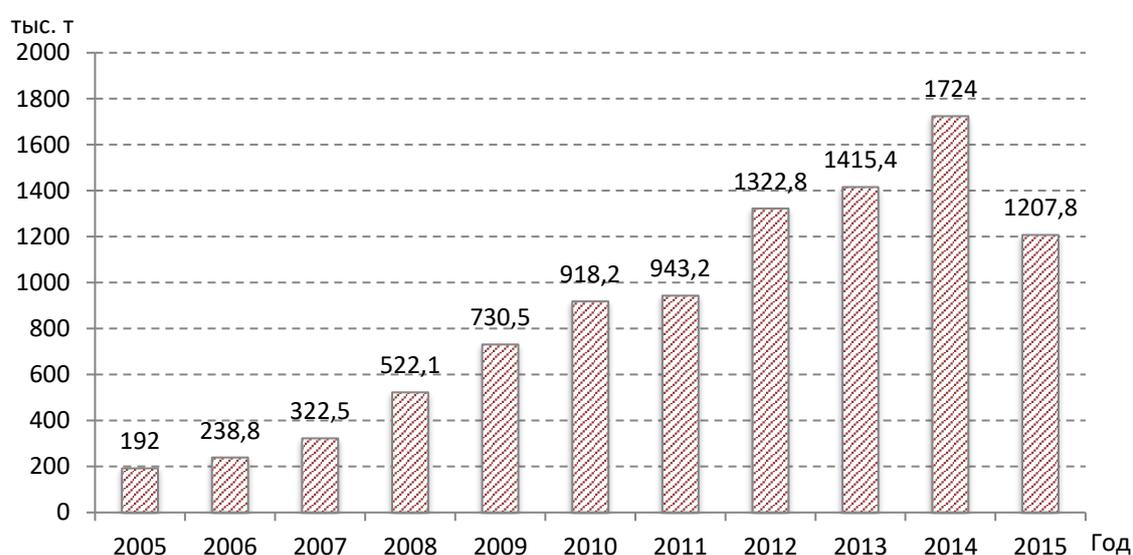


Рисунок 7.10 – Динамика образования отходов производства 1–3 классов опасности на территории Беларуси в 2005–2015 гг.
(по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь)

Отходы 1–3 классов опасности образуются преимущественно на предприятиях химического и машиностроительного профиля и при эксплуатации транспорта, в их числе: отходы гальванических производств (осадки, шламы); отработанные аккумуляторы; отработанные масла и нефтесодержащие шламы; загрязненные грунты; отходы резинотехнических изделий; минеральные шламы (асбоцементный, серный, шлифовки стекла, карбидный, цинкосодержащий, промывки нерудных материалов и др.); металлические шламы (металлошлифовальный, железосодержащий, шлам стали в смазочно–охлаждающей жидкости), отходы лакокрасочных материалов; отработанные щелочи, растворы и органические растворители.

Объем образования отходов 1–4 классов опасности на предприятиях Брестской области в 2015 г. составил 789,5 тыс. т, а уровень их использования – 80,5%. В структуре образования опасных отходов значительно

преобладают отходы 4 класса опасности (645,7 тыс. т или около 81,8% от общего объема образования опасных отходов).

На предприятиях Витебской области в 2015 г. объем образования отходов 1–4 классов опасности составил 233 тыс. т, а уровень их использования – 62,2%. В структуре образования опасных отходов значительно преобладают отходы 4-го класса опасности (188,2 тыс. т 80,7% от общего объема образования опасных отходов).

В Гомельской области объем образования отходов 1–3 классов опасности на предприятиях в 2015 г. составил 91,2 тыс. т, из них отходов 3 класса опасности – около 85,0 тыс. т.

Из общего объема образовавшихся отходов 1–3 класса опасности в 2015 г. захоронено около 17,3 тыс. т отходов 3-го класса опасности.

Количество отходов 1–3 классов опасности, находящихся на хранении на предприятиях, составило к концу 2015 г. около 734,5 тыс. т.

Объем образования отходов 1–4 классов опасности на предприятиях Гродненской области в 2015 г. составил 1376,9 тыс. т, а уровень их использования – 53,4%. В структуре образования опасных отходов значительно преобладают отходы 4-го класса опасности (1097,28 тыс. т или 79,6% от общего объема образования опасных отходов).

В г. Минске объем образования отходов 1–4 классов опасности на предприятиях в 2015 г. составил 1110,4 тыс. т, а уровень их использования – 53,1%. В структуре образования опасных отходов на территории города значительно преобладают отходы

4-го класса опасности (751,1 тыс. т или 67,6% общего объема образования опасных отходов).

На предприятиях Минской области объем образования отходов 1–4 классов опасности в 2015 г. составил 34466,4 тыс. т, а уровень их использования 3,9%. В структуре образования опасных отходов значительно преобладают отходы 4-го класса опасности (34387,8 тыс. т или 99,8% от общего объема образования опасных отходов 1–4 классов опасности).

В 2015 г. захоронено 57,3 тыс. т отходов 4-го класса опасности и около 12,8 тыс. т отходов 3-го класса опасности.

Объем образования отходов 1–4 классов опасности на предприятиях Могилевской области в 2015 г. составил 816,3 тыс. т, а уровень их использования – 83,3%. В структуре образования опасных отходов значительно преобладают отходы 4-го класса опасности (534,8 тыс. т или 65,5% от общего объема образования опасных отходов).

7.3.1 Управление отходами

Основной принцип управления отходами заключается в уменьшении объемов образования отходов и предотвращении их вредного воздействия на окружающую среду, здоровье граждан, имущество, находящееся

в собственности государства, имущество юридических и физических лиц, а также максимальном вовлечении отходов в гражданский оборот в качестве вторичного сырья.

Использование отходов производства

С учетом крупнотоннажных отходов в 2015 г. использовано 12164 тыс. т отходов, а уровень использования отходов производства составил 24,4% (рисунок 7.11).

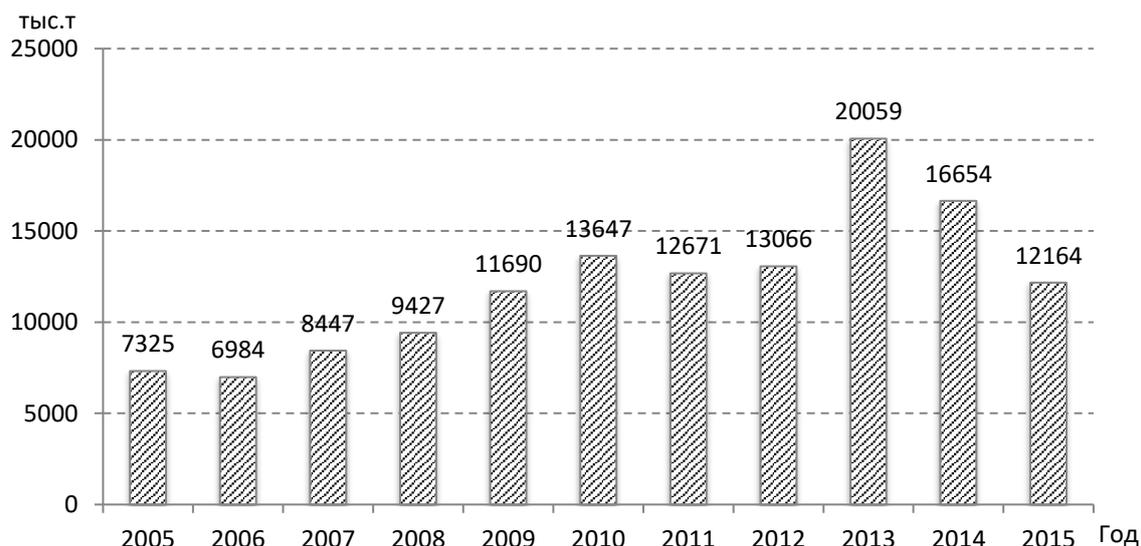


Рисунок 7.11 – Динамика использования отходов производства в 2005–2015 гг. (по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь)

На нужды самих предприятий использовано 54,5 % от общего количества использованных отходов, а 45,5% – переданы другим предприятиям, реализованы или экспортированы для дальнейшего использования (рисунок 7.12).

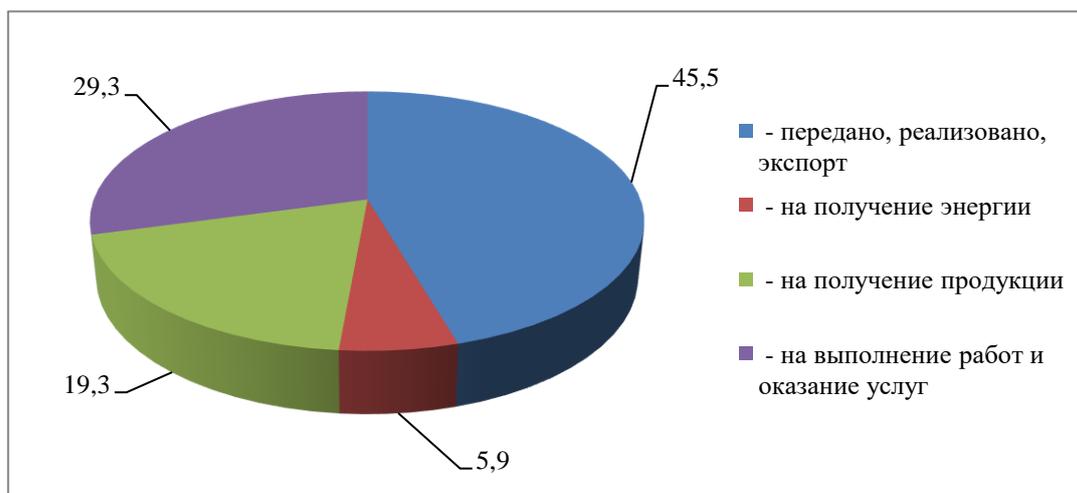


Рисунок 7.12 – Направления использования отходов производства в 2015 г., %

Наиболее полно используются отходы растительного и животного происхождения за счет переработки отходов производства пищевых и вкусовых продуктов, отходов обработки и переработки древесины, отходов бумаги и картона. Отходы производства пищевых и вкусовых продуктов используются в сельском хозяйстве. Отходы обработки и переработки древесины передаются гидролизному заводу, сельскохозяйственным предприятиям, сжигаются для получения энергии.

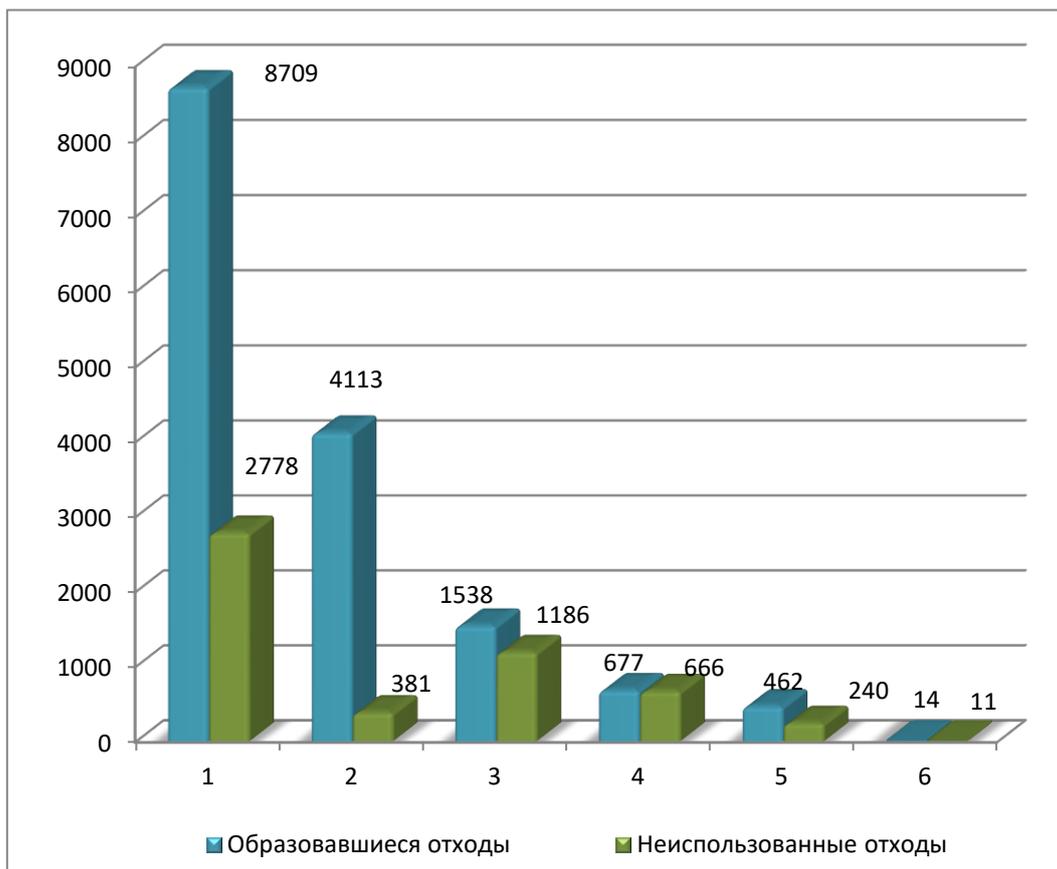
В общем объеме использования отходов минерального происхождения (6685 тыс. т) доля вскрышных пород в 2015 г. составляла 38,4% (2567 тыс. т). Вскрышные породы применяются для засыпки карьеров и восстановления нарушенных земель.

Высоким уровнем использования в блоке отходов минерального происхождения характеризуются металлургические шлаки, отходы формовочных смесей, железосодержащая пыль, окалина, отходы гальки кремниевой, отдельные виды строительных отходов и иное. Например, из 588,8 тыс. т образовавшегося в 2015 г. бетонных обломков, отходов бетона, железобетона использовано, передано и реализовано 580,8 тыс. т или свыше 98%. Строительные отходы перерабатываются как на предприятиях, где они образуются, так и используются на рекультивацию карьеров, благоустройство промплощадок, подсыпку дорог.

Высокий уровень использования отходов из блока химических производств характерен для резиносодержащих отходов, включая изношенные шины, (в 2015 г. на предприятиях Беларуси образовалось 50,6 тыс. т, из них использовано свыше 90% годового выхода); отходов пластмасс; отходов химических волокон и нитей, кубовых остатков и иные. Другие виды отходов используются в меньшей степени (рисунок 7.13).

К отходам минерального происхождения с низким уровнем использования либо неиспользуемым следует отнести землю формовочную горелую, золы и шлаки сжигания отходов и топочных установок, отходы фасонно-литейных цехов, шлифовальных и полировальных материалов, металлические шламы, минеральные остатки от газоочистки, отходы изделий теплоизоляционных асбестосодержащих, песок загрязненный органическими и неорганическими веществами, бой шифера и иное. Практически не используются отходы жизнедеятельности населения и подобные им отходы производства.

Среди вывозимых на захоронение преобладают отходы производства, подобные отходам жизнедеятельности населения, отходы от уборки территорий промышленных предприятий, а также отходы минерального происхождения в виде отходов литейно-фасонных цехов, различных строительных отходов и лома огнеупорных изделий, отходов сухой уборки гаражей, автостоянок, мест парковки транспорта.



- 1 – отходы минерального происхождения;
 2 – отходы животного и растительного происхождения;
 3 – отходы (осадки) водоподготовки котельно-теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях;
 4 – отходы жизнедеятельности населения и подобные им отходы производства;
 5 – отходы химических производств и производств, связанных, с ними;
 6 – медицинские отходы

Рисунок 7.13 – Соотношение объемов образовавшихся и неиспользованных отходов производства различных видов в 2015 г. (без учета крупнотоннажных отходов)

Использование коммунальных отходов

Одной из самых важных проблем в области обращения с отходами является их использование в качестве вторичных материальных ресурсов (ВМР). Исходя из состава коммунальных отходов и процентного содержания в них ВМР, потребность во вторичном сырье перерабатывающих предприятий может быть удовлетворена полностью.

В 2015 г. сбор основных традиционных видов вторичных материальных ресурсов (отходы бумаги и картона, отходы стекла, полимерные, текстильные отходы, отходы изношенных шин) составил 593,1 тыс. тонн (таблица 7.3), что на 7% больше, чем в 2014 г.

Таблица 7.3 – Заготовка вторичных материальных ресурсов в 2015 г., тыс. т

Область	Заготовлено ВМР
Брестская	76,5
Витебская	66,6
Гомельская	91,9
Гродненская	58,5
г. Минск	158,5
Минская	66,2
Могилевская	74,9
Республика Беларусь	593,1

Функционирующая в настоящее время система сбора ВМР включает в себя около 400 организаций жилищно-коммунального хозяйства, потребительской кооперации, организаций ГО «Белресурсы», организаций без ведомственной подчиненности, индивидуальных предпринимателей. В их числе организаций жилищно-коммунального хозяйства – около 150, организаций потребительской кооперации – более 100.

Традиционной формой извлечения ВМР из состава отходов является заготовительная система потребительской кооперации, которая занимает лидирующее положение по сбору макулатуры, тряпья и стекла. Это наиболее распространенные ВМР для населения с точки зрения закупочных цен. Данные по объемам заготовки ВМР в 2015 г. в разрезе областей представлены в таблице 7.4.

Так, в 2015 году отходов стекла заготовлено больше – на 25%, резиносодержащих отходов и полимерных отходов – на 8% относительно 2014 года. Объем заготовки текстильных отходов составил 87,5% от уровня 2014 г., а отходов бумаги и картона 98%.

За время реализации Государственной программы сбора (заготовки) и переработки вторичного сырья, за период 2008–2015 гг., объем сбора основных видов ВМР увеличился в 2,5 раза.

Таблица 7.4 – Заготовка различных видов вторичных материальных ресурсов в 2015 г., тыс. т (по данным ГУ «Оператор ВМР»)

Область	ВМР				
	Отходы бумаги и картона	Отходы стекла	Текстильные отходы	Резиносодержащие отходы	Полимерные отходы
Брестская	41,2	21,3	1,9	5,9	6,2
Витебская	33,1	19,1	2,9	5,7	5,8
Гомельская	45,7	25,8	1,7	5,4	13,3
Гродненская	27,8	20,8	1,0	4,8	4,1
г. Минск	103,4	38,3	0,6	6,4	9,8
Минская	34,9	19,4	1,4	5,5	5,0
Могилевская	36,9	19,6	1,0	9,5	7,9
Республика Беларусь	323,0	164,3	10,5	43,2	52,1

За время работы учреждения «Оператор вторичных материальных ресурсов» (создана 01.08.2012 г. Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь для координации деятельности в сфере обращения с вторичными материальными ресурсами в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 11.07.2012 № 313 «О некоторых вопросах обращения с отходами потребления»), общий объем сбора основных видов ВМР увеличился на 55%. Объем заготовки отходов стекла вырос в 2,8 раза, полимерных отходов – почти в 2 раза, изношенных шин – на 80%, бумаги и картона – более чем на 20%.

Одной из мер, направленных на увеличение объема извлекаемых ВМР из коммунальных отходов, является создание станций сортировки отходов. Создание станций сортировки позволяет полностью интегрироваться в действующую схему сбора, вывоза и обезвреживания отходов от населения, а также дает возможность полностью механизировать процесс разделения отходов, устанавливать оборудование для предварительной подготовки ВМР к использованию (мойки, дробилки, прессы и т.д.), уплотнять отсортированные отходы, подлежащие захоронению.

В целях более эффективного извлечения вторичных материальных ресурсов из коммунальных отходов были построены мусороперерабатывающие заводы в Гомельской (г. Гомель), Могилевской (г. Могилев), Витебской (г. Новополоцк) и Брестской (г. Брест и г. Барановичи) областях. Также ведется строительство завода в Гродненской области.

Эффективность работы мусороперерабатывающих заводов по Республике пока остается довольно низкой. Это связано, прежде всего, с отсутствием технологий по использованию отходов. Второй из основных проблем неэффективной работы станций сортировки твердых коммунальных отходов является наличие в их составе пищевых и иных органических отходов. Выделение пищевых и органических отходов из общего состава поступающих отходов позволит увеличить процент ВМР.

Кроме того, мировой опыт показал, что организация раздельного сбора отходов позволяет снизить затраты на их сортировку и в определенной мере контролировать поступление загрязняющих веществ в окружающую среду.

С 2011 года в республике ведется сбор отработанных элементов питания. В 2013 году организован сбор отходов электронного и электрического оборудования. С 2015 года реализуются мероприятия по централизованному сбору от физических лиц отходов электрического и электронного оборудования, ламп газоразрядных ртутьсодержащих, элементов питания в местах розничной торговли в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 2 декабря 2014 года № 1124.

За 2015 г. в республике собрано около 4,0 тыс. т отходов электронного и электрического оборудования, около 36,6 т отходов элементов питания, около 210 тыс. шт. ламп газоразрядных ртутьсодержащих.

Обезвреживание отходов производства

Свойства большинства отходов не позволяют с достаточной эффективностью осуществить их возврат в сферу производства или безопасное захоронение. В связи с этим требуется применение различных методов обезвреживания отходов. В 2015 г. в Беларуси обезврежено 210,2 тыс. т отходов производства. Наиболее применяемым методом является термическое обезвреживание (64,6% общего объема обезвреженных отходов или 135,7 тыс. т).

Химическим способом обезврежено 43,9 тыс. т отходов или 28,9% от общего объема обезвреживаемых в стране отходов; остальными методами (физико-химической переработки, биологической обработки и электрохимическим способом) обезвреживается 6,5%. Динамика применения способов отображена на рисунке 7.14.

По мнению экспертов термическое обезвреживание отходов (сжигание) имеет ряд недостатков:

– при работе сжигательного устройства образуются опасные выбросы в форме диоксинов. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях включает сжигание отходов в список основных источников поступления диоксинов в окружающую среду. Это вносит вклад в общее негативное восприятие населением сжигания и препятствует строительству новых установок для сжигания отходов;

– сжигание медицинских отходов ответственно примерно за 10% от общего количества ртути, которое попадает в окружающую среду в результате хозяйственной деятельности человека;

– при сжигании образуется зола, которая по весу составляет около 25% от первоначального объёма отходов. Поскольку в этой золе очень высокое содержание токсичных соединений и тяжёлых металлов, её нельзя захоронить на объектах размещения коммунальных отходов.

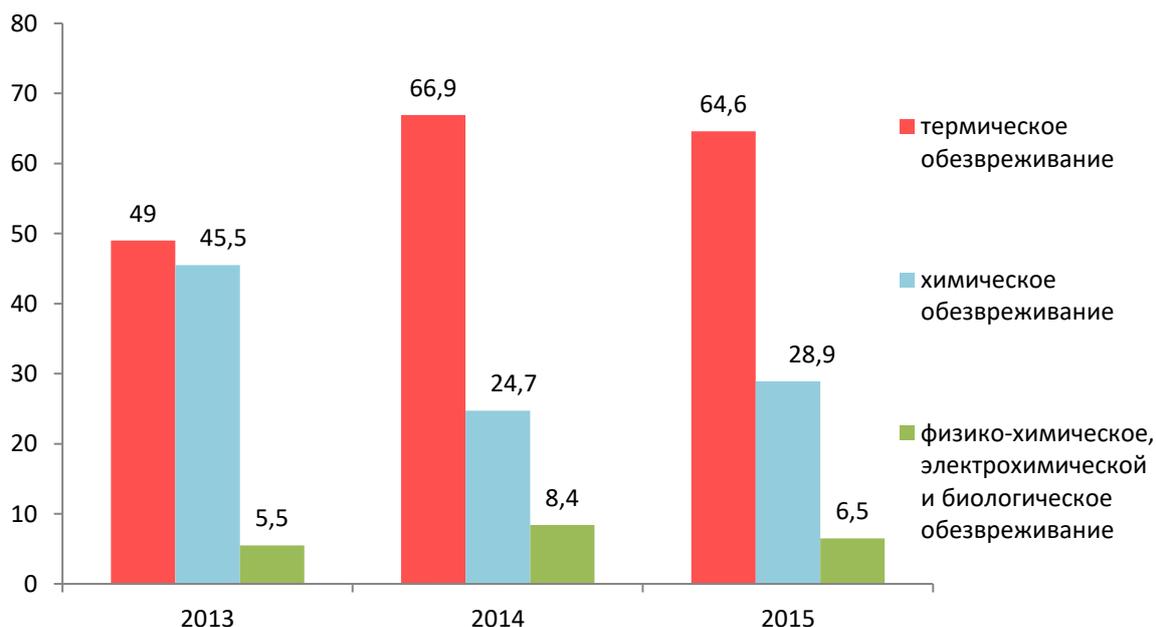


Рисунок 7.14 – Доля применяемых способов обезвреживания отходов, %

Следовательно, в результате сжигания одних отходов, образуются другие, у которых концентрация загрязнителей намного выше;

– сжигание, кроме того, является относительно дорогой технологией для обезвреживания отходов. Капитальные затраты на сжигательное оборудование высоки, а дополнение в виде газоочистного оборудования приводит к ещё большему возрастанию капитальных затрат. Вследствие требования наличия обученного и опытного персонала возрастают также и эксплуатационные затраты.

Поскольку термическое обезвреживание является на сегодняшний день основным способом обезвреживания отходов из-за ряда преимуществ относительно других способов, возникает необходимость разработки и применения методов и приборов, способных снизить степень негативных последствий применения данного способа обезвреживания.

Накопление отходов производства

Объем накопленных отходов на объектах хранения (в ведомственных местах хранения и на территории предприятий) увеличился за 2015 г. на 4% и составил на конец года около 1094,2 млн. т (таблица 7.5). Наибольшие объемы накопления характерны для галитовых отходов и глинисто-солевых шламов, количество которых в солеотвалах и шламохранилищах приведено в таблице 11.6, а также фосфогипса и лигнина гидролизного (рисунок 7.15).

В 2015 г. в отвалы было вывезено 29,85 млн. т образующихся галитовых отходов и около 3,15 млн. т шламов галитовых глинисто-солевых.

Значительное накопление отходов производства в Гомельской области (свыше 26,53 млн. т) объясняется большими объемами накопления фосфогипса в Гомеле и гидролизного лигнина в Речице.

Таблица 7.5 – Количество отходов производства калийных удобрений в солеотвалах и шламохранилищах ОАО «Производственное объединение «Беларуськалий», тыс. т

Год	Общее количество отходов в солеотвалах	Общее количество глинисто-солевых шламов
2010	807159,5	96704,8
2011	832323,5	99655,9
2012	854587,4	102150,4
2013	873723,3	104254,4
2014	902873,8	107332,0
2015	932722,6	110484,1

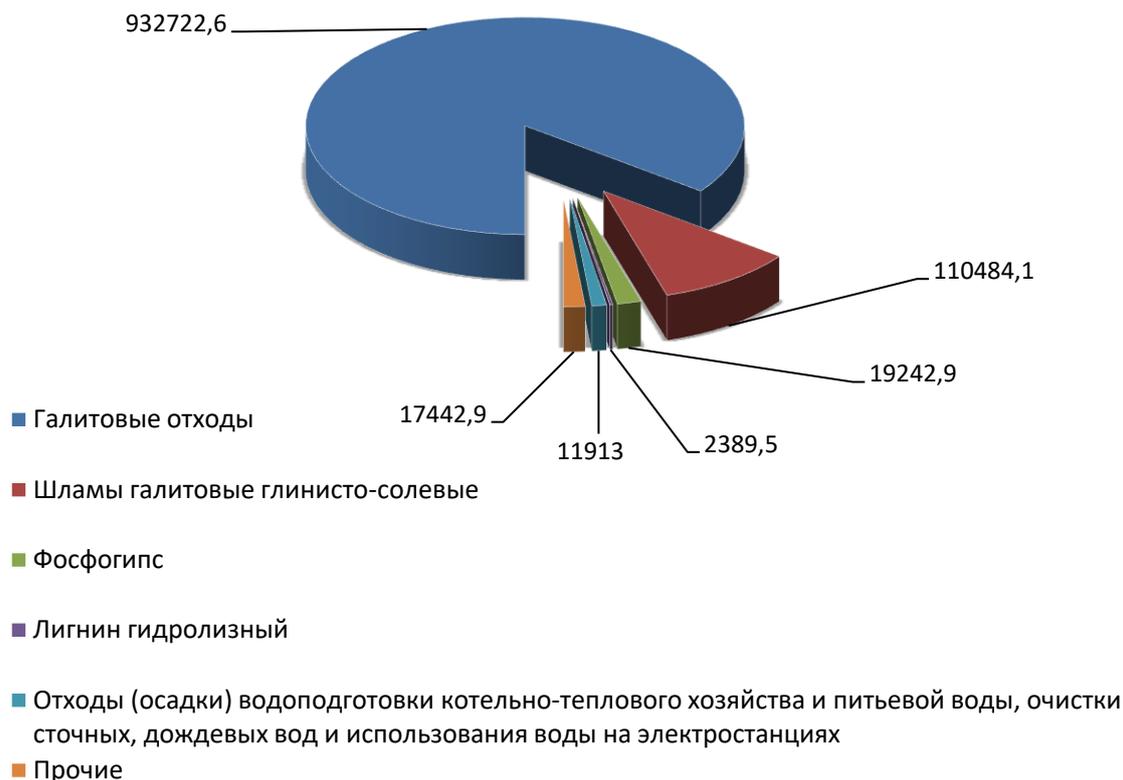


Рисунок 7.15 – Объемы накопленных отходов, тыс. т

Хранение опасных отходов

Количество отходов 1–3 классов опасности, находящихся на хранении на предприятиях Беларуси, составило к концу 2015 г. 7298,0 тыс. т. Из них на отходы 1 класса опасности приходится 0,15% и 2 класса – 0,17%. Эти отходы, как правило, хранятся на предприятиях в специально оборудованных помещениях, на складах и спецплощадках, реже на объектах хранения отходов за пределами предприятий.

Характерными отходами 1 класса опасности для большинства предприятий являются отработанные ртутные лампы и люминесцентные трубки. На конец 2015 г. на предприятиях хранилось свыше 1,75 млн. штук отработанных ртутных ламп и люминесцентных трубок.

Среди отходов 3 класса опасности, хранящихся на предприятиях, объем которых составил около 7275,1 тыс. т, преобладают: лигнин гидролизный; зола, шлаки и пыль от термической обработки отходов и от топочных установок; шламы минеральных масел, остатки, содержащие нефтепродукты; остатки серы; отходы резиносодержащие, включая старые шины; осадки химводоподготовки; отбросы с решеток; осадки сооружений биологической очистки хозяйственно–фекальных сточных вод; шламы и осадки гальванических производств; шлам цинкосодержащий; шлам серный, известь недопал, осадок сухой.

Объем накопления лигнина гидролизного на конец 2015 г., составил 2389,5 тыс. т или около 33% от объема накопления отходов 3 класса опасности.

Захоронение отходов производства

Из общего объема образовавшихся в 2015 г. отходов производства захоронено 1278 тыс. т, остались неиспользованными 5263,5 тыс. т (без учета крупнотоннажных отходов).

Часть неиспользованных отходов 3 и 4 классов опасности вывозится на захоронение. В 2015 г. захоронено 388,8 тыс. т отходов 4 класса опасности и 99,3 тыс. т отходов 3 класса опасности.

Среди захораниваемых отходов 3-го класса преобладают кизельгур (глина фильтрационная) (2,3 тыс. т); отходы масличных семян (1,6 тыс. т); древесные отходы производственного потребления (7,7 тыс. т); отходы бумаги и картона, главным образом в виде упаковочного материала с вредными загрязнениями (4,1 тыс. т); зола, шлак и пыль от термической обработки отходов и топочных установок (30,1 тыс. т); отходы изделий теплоизоляционных асбестосодержащих (1,0 тыс. т); асбоцементный шлак (0,9 тыс. т); отходы извести (2,1 тыс. т); шламы гальванические (1,7 тыс. т); отходы ЛКМ, отходы клеев, клеящих веществ, смол (2,9 тыс. т); отходы пластмасс (8,8 тыс. т); отходы стеклопластика (0,5 тыс. т); текстиль загрязненный (3,9 тыс. т); отбросы с решеток (4,1 тыс. т), осадки химводоподготовки (2,6 тыс. т); и др. В целом захоранивается 528 наименований отходов 3-го класса опасности с различным химическим составом и опасными свойствами.

Захоронение коммунальных отходов

Данные по вывозу коммунальных отходов с территории населенных пунктов в 2015 г. приведены в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Вывоз твердых коммунальных отходов автомобильными транспортными средствами специального назначения с территории населенных пунктов в 2015 г., тыс. м³ (по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь)

Область	Твердые коммунальные отходы
Брестская	2885
Витебская	2432
Гомельская	2814
Гродненская	2083
г. Минск	5597
Минская	3277
Могилевская	2315
Республика Беларусь	21403

Коммунальные отходы захораниваются на полигонах ТКО (порядка 90,4%) и на мини-полигонах. Как указано выше, на полигоны ТКО наряду с коммунальными вывозятся некоторые отходы производства: неопасные и 3–4 классов опасности.

Всего в Беларуси по состоянию на 01.01.2016 г. зарегистрировано 166 полигонов ТКО, которые обслуживают областные и районные центры, а также крупные поселки городского типа. В каждом районе имеется один, реже 2–3 таких полигона. Планово-регулярным вывозом коммунальных отходов охвачены также все сельские населенные пункты, для обслуживания которых созданы мини-полигоны (2118 шт.).

7.4 Защита почв от загрязнения

Мониторинг земель (почв), подверженных техногенному воздействию представляет собой систему наблюдений за состоянием и изменением почвенного покрова под влиянием химических, механических, биологических и иных загрязнителей, которая обеспечивает сбор и обработку получаемой информации в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану земель.

Целью проведения мониторинга химического загрязнения земель (почв) является получение достоверных данных о содержании загрязняющих веществ в почвах для оценки уровней и динамики загрязнения. Этот вид мониторинга окружающей среды проводится в рамках мониторинга земель (почв) Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС) на сети пунктов наблюдений, сформированной отдельно для: – населенных пунктов; – придорожных полос автомобильных дорог; – фоновых территорий.

В населенных пунктах наблюдения проводятся на территории 34 городов – областные центры, города с населением 50 и более тыс. человек, а также города с населением менее 50 тыс., в которых сосредоточены крупные промышленные предприятия (1056 пунктов наблюдений).

В придорожных полосах автомобильных дорог наблюдения проводятся на 22 почвенных профилях (88 пунктов наблюдений) в зонах влияния автомобильных дорог республиканского значения с разной интенсивностью движения транспортных средств и продолжительностью эксплуатации дорог не менее 20 лет. Почвенные профили заложены на открытых ландшафтах в луговых биогеоценозах с равнинным рельефом и однородным почвенным покровом без выраженного микрорельефа перпендикулярно полотну автодороги на удалении в 10, 25, 50 и 75 м от границы полотна автодороги.

На фоновых территориях наблюдения проводятся на сети, включающей 90 пунктов наблюдений распределенных по всей территории республики на

достаточном удалении от источников загрязнения и расположенных на землях сельскохозяйственного назначения, лесного фонда, природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения.

Периодичность наблюдений составляет 1 раз в 5 лет для каждого пункта наблюдений. Перечень наблюдаемых загрязняющих веществ определяется принадлежностью и назначением земель и включает: тяжелые металлы (кадмий, цинк, свинец, медь, никель, хром, мышьяк, ртуть), сульфаты, нитраты, хлориды, нефтепродукты, бензо(а)пирен, полихлорированные бифенилы.

Сбор, хранение, систематизация данных и представление информации: первичные данные заносятся в паспорта пунктов наблюдений и базу данных наблюдений за химическим загрязнением земель, разработанную и внедренную в Минприроды, и с помощью программного обеспечения систематизируются для получения аналитической экологической информации, включающей определенные характеристики по каждому химическому веществу и показателю. Систематизированные и обобщенные данные представляются в информационно-аналитический центр мониторинга земель НСМОС.

Земля (включая почвы), равно как и недра, воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир, озоновый слой и околоземное космическое пространство – является важным компонентом природной среды, обеспечивающий благоприятные условия для существования жизни на Земле. Ввиду чего охрана и рациональное использование земель (включая почвы) является одним из важнейших направлений.

Охране подлежат все категории земель как сельскохозяйственного, так и несельскохозяйственного использования.

Основные направления охраны земель (включая почвы) отражены в **ст. 89 Кодекса Республики Беларусь о земле:**

Землепользователи должны осуществлять в границах предоставленных им (находящихся у них) земельных участков следующие мероприятия по охране земель:

- благоустраивать и эффективно использовать землю, земельные участки;
- сохранять плодородие почв и иные полезные свойства земель;
- защищать земли от водной и ветровой эрозии, подтопления, заболачивания, засоления, иссушения, уплотнения, загрязнения отходами, химическими и радиоактивными веществами, иных вредных воздействий;
- предотвращать зарастание сельскохозяйственных земель древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями) и сорняками;
- сохранять торфяно-болотные почвы при использовании сельскохозяйственных земель, предотвращать процессы минерализации торфяников;
- проводить консервацию деградированных земель, если невозможно восстановить их исходное состояние;

- восстанавливать деградированные, в том числе рекультивировать нарушенные земли;

- снимать, сохранять и использовать плодородный слой земель при проведении работ, связанных с добычей полезных ископаемых и строительством.

Государственный контроль за использованием и охраной земель осуществляется областными, Минским городским, городскими (городов областного, районного подчинения), районными, сельскими, поселковыми исполнительными комитетами непосредственно и (или) через свои землеустроительные службы, **Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и его территориальными органами, иными государственными органами.**

Одним из направлений государственного контроля является **Аналитический контроль**, который проводится, в том числе, и в целях определения загрязнения земель (включая почвы).

Ежегодно в областях республики по заявкам облкомитетов и гор(рай)инспекций природных ресурсов и охраны окружающей среды и районными лабораториями аналитического контроля проводится отбор проб земель (включая почвы) с целью получения данных о состоянии земель, выявления потенциальных источников их загрязнения.

За нарушение законодательства об охране и использовании земель предусмотрена административная ответственность по ст. 16.11 Кодекса об административных правонарушениях Республики Беларусь и влечет за собой наложение штрафа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голицын, А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды: учебник / А.Н. Голицын. – 2-е изд., испр. – М.: Изд-во Оникс, 2010. – 336 с.
2. Инженерная экология и экологический менеджмент: учебник / М.В. Буторина [и др.]; под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: Логос. – 518 с.
3. Калыгин, В.Г. Промышленная экология: учеб. пособие: для студентов высших учебных заведений / В.Г. Калыгин. – 4-е изд., перераб. – М.: Академия, 2010. – 431 с.
4. Новиков, Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие / Ю.В. Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2005. – 736 с.
5. Промышленная экология: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений по специальности «География. Охрана природы» / М.Г. Ясовеев [и др.]; [под ред. М.Г. Ясовеева]; М-во образования РБ, УО «Белорус. гос. пед. ун-т им. М. Танка». – Минск: БГПУ, 2010. – 308 с.
6. Промышленная экология: учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по специальности «География. Охрана природы» / М.Г. Ясовеев [и др.]; под ред. М.Г. Ясовеева. – Минск: Новое знание, 2013; Москва: ИНФРА-М, 2013. – 292 с.: табл.
7. Морзак, Г.И. Пространственное моделирование в промышленной и социальной экологии: монография / Г.И. Морзак, С.А. Лаптёнок. – Минск: БГАТУ, 2011. – 210 с.
8. Мусатова, О.В. Общая и глобальная экология: учеб.-метод. комплекс / О.В. Мусатова. – Витебск: ВГУ, 2010. – 155 с.
9. Садовникова, Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении: учеб. пособие для вузов / Л.К. Садовникова, Д.С. Орлов, И.Н. Лозановская. – М.: Высш. шк., 2006. – 334 с.
10. Семенова, И.В. Промышленная экология: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.В. Семенова. – М.: Издат. центр «Академия», 2009. – 528 с.
11. Федорук, А.Т. Экология: учеб. пособие для студ. вузов / А.Т. Федорук. – Мн.: Выш. шк., 2010. – 462 с.
12. Хотунцев, Ю.Л. Экология и экологическая безопасность: учеб. пособие для вузов / Ю.Л. Хотунцев. – М.: Академия, 2004. – 480 с.
13. Хван, Т.А. Промышленная экология: [учеб, пособие для студ. вузов] / Т.А. Хван. – Ростов-на-Дону: Феникс. – 320 с.
14. Челноков, А.А. Общая и прикладная экология: учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по спец. «Медико-биологическое дело», «Медицинская экология» / А.А. Челноков, К.Ф. Саевич, Л.Ф. Ющенко; под общ. ред. К.Ф. Саевича. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – 654 с.
15. Ларионов, Н.М. Промышленная экология: учебник и практикум для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям, по направлению подготовки «Техносферная безопасность и природообустройство» / Н.М. Ларионов, А. С. Рябышенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2020. – 380, [3] с.: ил., табл.
16. Экологические проблемы современных производственных процессов: курс лекций / [авт.-сост.: Л.В. Старшикова, Е.А. Лис]; М-во образования РБ, УО «Мозырский гос. нед. ун-т им. И.П. Шамякина», Каф. биологии. – Мозырь: УО «МГПУ им. И.П. Шамякина». – 158 с.

Учебное издание

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Курс лекций

Составитель

ЯНОВСКАЯ Виктория Владимировна

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

Л.В. Рудницкая

Подписано в печать 28.12.2023. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 8,14. Уч.-изд. л. 8,21. Тираж 42 экз. Заказ 161.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,

изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.