

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**Белорусский национальный технический университет**  
**Кафедра Инженерная экология**

Электронный учебно-методический комплекс  
по учебной дисциплине

**«МЕНЕДЖМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ»**

для специальности

1-33 80 01 «Экология»

**Минск ◊ БНТУ ◊ 2021**

*Составители: Г.И. Морзак, Н.В. Сидорская, С.С. Мартынюк,  
Н.Г. Малькевич*

**Рецензенты:** Кафедра экологического мониторинга и менеджмента Учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета;  
В. И. Глуховский, заведующий НИЛ «Экопром» Филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть», к.т.н.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) содержит сведения о современных подходах и методах в области управления экологическими рисками, необходимые магистранту для получения знаний по учебной дисциплине «Менеджмент экологических рисков». В ЭУМК представлены современные данные о факторах и условиях возникновения риска, классификация техногенных рисков и воздействий на окружающую среду, методах идентификации рисков, процедуре управления экологическими рисками промышленного предприятия, методам анализа и оценки промышленной безопасности.

ЭУМК предназначен как для самостоятельной подготовки магистрантов очной и заочной форм обучения, так и для проведения практических занятий с магистрантами и слушателями, имеющими различный уровень подготовки.

© БНТУ, 2021

© Морзак Г.И., Сидорская Н.В., Мартынюк С.С., Малькевич Н.Г.,  
2021

## Пояснительная записка

ЭУМК по учебной дисциплине «Менеджмент экологических рисков» представляет собой комплекс систематизированных учебных и методических материалов, а также дидактических средств обучения. Он предназначен для использования в образовательном процессе по специальности 1-33 80 01 «Экология». ЭУМК разработан в соответствии с учебной программой по учебной дисциплине «Менеджмент экологических рисков» для специальности, утвержденной 02.07.2019 г., регистрационный № УДМ - ФГДЭ 89-28уч.

Цель ЭУМК – помочь магистрантам сформировать целостную систему знаний в области управления экологическими рисками, связанными с производственной деятельностью и предприятия ее воздействиями на окружающую среду.

ЭУМК способствует успешному осуществлению учебной деятельности, дает возможность планировать и осуществлять самостоятельную работу магистрантов, обеспечивает рациональное распределение учебного времени по темам учебной дисциплины и совершенствованию методики проведения занятий.

ЭУМК по учебной дисциплине «Менеджмент экологических рисков» включает 4 модуля:

1. Теоретический. Содержит методологические основы управления рисками, методы, способы и процедура управления экологическими рисками промышленного предприятия, качественные и количественные методы анализа опасностей и риска, инструменты управления рисками, внедрение которых обеспечивает экологическую и техногенную безопасность предприятия, а также основные программные комплексы для оценки рисков.

2. Практический. Содержит практические работы по учебной дисциплине «Менеджмент экологических рисков».

3. Вспомогательный. Содержит итоговый тест для контроля знаний по учебной дисциплине «Менеджмент экологических рисков».

4. Информационный. Содержит перечень актуальной литературы и законодательства Республики Беларусь в области охраны окружающей среды.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
<b>I РАЗДЕЛ</b> .....	9
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	9
<b>1. ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ ТЕОРИИ МЕНЕДЖМЕНТА ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ</b> .....	9
1.1 Основные термины и определения.....	9
1.1 Факторы и условия возникновения риска. Виды техногенного риска .....	14
1.2 Логическая последовательность реализации неопределенности и риска.....	21
1.4 Функции и роль государства в управлении экологическими рисками .....	24
1.5 Международное сотрудничество в сфере управления экологическими рисками.....	32
<b>2 УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ</b> .....	42
2.1 Формы возникновения и проявления негативного действия экологического фактора на уровне эколого-экономических рисков на предприятии.....	42
2.2 Методы и процесс управления рисками на предприятии. Процессная модель системы управления рисками. ....	47
2.3 Действия при реализации эколого-экономического риска .....	53
<b>3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ</b> .....	57
3.1 Основные экологические факторы и стратегии развития промышленных предприятий.....	57
3.2 Принцип эколого-экономической сбалансированности.....	60
<b>4. СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ</b> .....	66
4.1. Основные подходы к определению риска. Классификации рисков.....	66
4.2 Способы управления экологическими рисками.....	76
4.3 Передача рисков: экологическое страхование .....	84
<b>5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТ</b> .....	88
5.1 Цели, задачи, критерии и методы риск-менеджмента.....	88
5.2 Планирование деятельности по оценке и управлению рисками .	97
5.3 Этапы риск-менеджмента.....	104

6. ПОРЯДОК ПРОЦЕДУРЫ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ.....	107
6.1 Источники экологических рисков: хронические; аварийные; накопленное загрязнение .....	107
6.2 Идентификация (обнаружение) экологических рисков .....	109
6.3 Основные действия по управлению экологическими рисками.	110
6.4 Определение индекса экологического риска. ....	115
7. МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ .....	116
7.1 Критерии безопасности.....	116
7.2 Методологические подходы к оценке промышленной безопасности .....	118
7.3 Методология абсолютной безопасности приемлемого риска. Критерии приемлемого риска .....	123
8. ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ .....	131
8.1 Описания рисков.....	131
8.2 Общие подходы к оценке риска .....	134
8.3 Основные программные комплексы для оценки рисков .....	140
9. КАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКА.....	144
10. ПОДХОДЫ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ВЫРАЖЕНИЮ РИСКОВ.....	162
11. СОСТАВЛЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КОРНЕВЫХ ПРИЧИН НЕСООТВЕТСТВИЙ .....	177
11.1 Графический способ исследования и определения причинно-следственных взаимосвязей между факторами и последствиями в исследуемой ситуации .....	177
11.2 Особенности построения диаграммы Исикавы .....	184
11.3 Достоинства и недостатки метода .....	189
<b>П Р А З Д Е Л</b> .....	196
<b>П РА К Т И Ч Е С К А Я Ч А С Т Ъ</b> .....	196
<i>Практическая работа № 1</i> .....	196
Оценка уровня загрязнения окружающей среды.....	196
<i>Практическая работа № 2</i> .....	211
Оценка потенциальной опасности производственных процессов..	211
<i>Практическая работа № 3</i> .....	228

Определение состава выбросов, сбросов и отходов по результатам расчета материального баланса .....	228
<i>Практическая работа № 4</i> .....	237
Определение уровня загрязнения грунтовых вод нефтью и проведение рекультивационных работ после аварии на нефтепроводе .....	237
<i>Практическая работа № 5</i> .....	257
Оценка опасности загрязнения гидросферы нитратами.....	257
<i>Практическая работа № 6</i> .....	271
Оценка опасности загрязнения почвы тяжелыми металлами.....	271
<i>Практическая работа № 7</i> .....	286
Расчет выбросов, сбросов и количества отходов по удельным показателям.....	286
<i>Практическая работа № 8</i> .....	299
Определение индивидуального риска для окружающей среды «потребности и возможности».....	299
<b>ТЕСТ по дисциплине «Менеджмент экологических рисков» ...</b>	<b>303</b>
<b>ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>322</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных приоритетов в эффективном развитии общества является обеспечение безопасности, защиты человека и окружающей среды. Это основано на результатах научно-технического развития, процессах глобализации, растущих масштабах использования природных ресурсов и негативного воздействия на качество окружающей среды. В результате проявляются риски на всех уровнях развития общества. К основным источникам экологических рисков относятся риски, связанные с неблагоприятными природными явлениями и риски техногенного происхождения. Эти источники рисков не являются абсолютно независимыми, так значимые природные катастрофы могут являться причиной опасных техногенных аварий, и наоборот. Вред природной среде при воздействиях различного характера неизбежен, но он должен быть экономически оправданным. Любые хозяйственные или иные решения должны приниматься с таким расчетом, чтобы не превышать пределы вредного воздействия на природную среду. Как правило, экологический риск техногенного характера состоит из риска повседневной деятельности (приемлемый риск) и риска воздействия на окружающую среду с превышением установленных норм (аварийное воздействие).

Уровень организации производства оказывает прямое воздействие на уровень экологических рисков, а характер организации производства оказывает влияние на величину риска, так как учитывает объемы и качества используемых в технологическом процессе веществ и материалов. Для минимизации воздействий на окружающую среду предприятия внедряют наиболее доступные технические методы, модернизируют способы очистки выбросов/сбросов загрязняющих веществ, совершенствуют процедуру обращения с отходами, повышают экологический уровень работников, принимают меры с целью соблюдения оптимального режима технологических процессов и т.п.

Опасное воздействие проявляется практически всегда, меняется только степень нанесения ущерба, поэтому необходимо проводить оценку вероятности проявления экологического риска. Оценка рисков позволяет объекту хозяйствования учитывать степень влияния воздействий производственной деятельности на окружающую среду. Для этого используются количественные или качественные методы оценки, либо их комбинирование.

Экологический риск-менеджмент предлагает использование математических методов и соответствующих методик при оценке рисков загрязнения окружающей среды, в том числе при природных, техногенных авариях и чрезвычайных ситуациях. Это позволяет получить данные по количественным (экологическим и экономическим) показателям рисков; способствует принятию рациональных решений по совершенствованию экологической безопасности и снижению негативного влияния деятельности человека на окружающую среду. Особенно важны превентивные, предупредительные профилактические меры на ранних стадиях противодействия риску, которые эффективны с точки зрения предотвращения аварийных и чрезвычайных ситуаций.



# I РАЗДЕЛ

## Теоретическая часть

### 1. ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ ТЕОРИИ МЕНЕДЖМЕНТА ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ

#### 1.1 Основные термины и определения

Важнейшим показателем воздействия и опасности любой деятельности предприятия на окружающую среду является риск. Анализ многочисленных определений риска позволяет выявить основные моменты, которые присущи рисковому ситуации:

- случайный характер события, который определяет, какой из возможных исходов реализуется на практике (наличие неопределенности);
- наличие альтернативных решений;
- известны или можно определить вероятности исходов и ожидаемые результаты;
- вероятность возникновения убытков;
- вероятность получения дополнительной прибыли.

Сущность риска раскрывается в его основных функциях. Стимулирующая функция имеет два аспекта: конструктивный и деструктивный. Защитная функция также имеет два аспекта: историко-генетический и социально-правовой.

**Риск** представляет собой вероятность наступления опасности с конкретными последствиями и неопределенной величиной ущерба.

**Риск** - это количественная или качественная оценка опасности.

В зависимости от характера техногенного воздействия на окружающую среду, риск может быть

- регулярным либо резким,

– единичным в результате непредвиденного события (аварии).

*Экологический риск техногенного характера* можно разложить на две составляющие:

1. риск, который сопровождает повседневную деятельность и уровень которого признается приемлемым;

2. риск, связанный с превышением установленных норм (или общепринятого уровня) воздействия на окружающую среду (аварийное воздействие).

Понятие риска базируется, как минимум, на двух вероятностях:

- вероятность реализации неблагоприятного воздействия;
- вероятность поражения, потерь, нанесенных этим воздействием объектам окружающей среды и населению.

*Риск означает вероятность возникновения конкретного эффекта в течение определенного времени или при определенных обстоятельствах.* При этом риск отличается как от вероятности воздействия, так и от вероятности причиненного ущерба.

Величина риска изменяется в пределах от нуля до единицы. Значение риска может быть близко к нулю, несмотря на то, что вероятность реализации неблагоприятного события (постоянно действующие негативные факторы) или вероятность поражения (чрезвычайно редкие явления разрушительной силы) близки к единице. В общем случае величина риска изменяется в пределах от нуля до единицы. Риск - это количественная или качественная оценка опасности; соответственно, экологический риск - это количественная или качественная оценка экологической опасности неблагоприятных воздействий на окружающую среду.

*Экологический риск* - это количественная или качественная оценка экологической опасности неблагоприятных воздействий на окружающую среду.

Структурно риск можно описать следующими характеристиками:

- опасность;
- подверженность риску;
- чувствительность к риску (уязвимость);
- степень взаимодействия рисков;
- степень непредвиденности рисков.

**Опасность** – потенциальная угроза возникновения ущерба или другой формы реализации риска, обусловленная спецификой объекта и особенностями рискованной ситуации. Опасность представляет собой возможный источник наступления события, который при определенных обстоятельствах может привести к нежелательным последствиям.

**Источник опасностей** - состояние, явление, активность или отсутствие активности человека в производственной деятельности предприятия, являющееся источником опасности для технологического процесса организации.

**Опасность (угроза)** - возможный источник наступления события, который при определенных обстоятельствах может привести к нежелательным последствиям.

**Уязвимость** выражает степень, или интенсивность, с которой может реализоваться данная опасность.

**Взаимодействие с другими рисками** предполагает рассмотрение группы рисков, при этом их взаимосвязь понимается в широком контексте, а не только в смысле наличия статистических закономерностей.

**Степень непредвиденности** характеризует то, насколько предсказуем был конкретный риск на данном этапе развития науки и техники.

**Причина**- явление, наступление которого самостоятельно либо в определенной комбинации с другими явлениями (другими причинами) является обязательным условием возникновения "опасного явления". Причина сама по себе не оказывает

непосредственного вредного воздействия на объект, а действует только опосредованно путем провоцирования наступления опасного явления.

**Опасное явление (событие)** - явление (событие), которое непосредственно может оказать вредное воздействие на объект. Свойства опасного явления, которые при взаимодействии с объектом могут вызвать неблагоприятные изменения его состояния, в некоторых областях деятельности называют вредными или поражающими факторами (свойствами).

**Вредное (поражающее, отрицательное) воздействие** - взаимодействие свойств опасного явления и объекта, которое может вызвать неблагоприятное изменение состояния данного объекта.

**Потери** - изменение состояния объекта в худшую сторону по сравнению с исходным состоянием или некоторым состоянием, которое можно было бы обоснованно ожидать при условии отсутствия вредного воздействия.

**Подверженность риску** представляет характеристику ситуации, чреватой возникновением ущерба или другой формы реализации риска. В техническом смысле подверженность риску – это количество единиц наблюдения. Например, при анализе риска природных катастроф, под подверженностью риску понимается площадь опасной территории.

**Управление рисками** - процесс, которым определяется и оправдывается выбор предупредительных мер для обеспечения приемлемого уровня безопасности, который включает анализ, планирование, реализацию мер, контроль, корректирующие действия. Управление экологическим риском является логическим продолжением оценки и анализа экологического риска. Оно базируется на совокупности политических, социальных и экономических оценок полученных величин риска, сравнительной характеристике возможных ущербов для здоровья как отдельного человека, так и общества в целом, возможных затрат на реализацию различных вариантов управленческих решений

по снижению риска и тех выгод, которые будут получены в результате реализации мероприятий.

**Оценка экологического риск** – это выявление и оценка вероятности наступления событий, имеющих неблагоприятные последствия для состояния окружающей среды, здоровья населения, деятельности предприятий и вызванных загрязнением окружающей среды, нарушением экологических требований, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

При оценке рисков, связанных с воздействием техногенных систем на окружающую среду и здоровье населения используют различные виды рисков – **индивидуальный, популяционный, относительный, экологический, профессиональный и др.** При оценке рисков, создаваемых техногенными системами, определяют количественные показатели следующих видов риска:

– **технический риск** – вероятность отказа технических устройств (аварии) с последствиями определённого уровня (класса) за определённый период функционирования опасного объекта;

– **индивидуальный риск** – частота поражения одного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности;

– **коллективных риск**– ожидаемое число поражённых в результате возможных аварий за определённый промежуток времени;

– **социальный риск** – зависимость частоты возникновения событий, в которых пострадало на определённом уровне не менее  $N$  человек из общего числа  $M$  человек.

**Экологический риск характеризуется следующими нормативными уровнями:**

**Приемлемый экологический риск**- это риск, уровень которого оправдан с точки зрения как экологических, так и экономических, социальных и других проблем в конкретном обществе и в конкретное время.

**Предельно допустимый экологический риск** - максимальный уровень приемлемого экологического риска. Он определяется по всей совокупности неблагоприятных экологических эффектов и не должен превышать независимо от интересов экономических или социальных систем.

**Пренебрежимый экологический риск** - минимальный уровень приемлемого экологического риска. Экологический риск находится на уровне флуктуаций уровня фонового риска или определяется как 1% от предельно допустимого экологического риска. **Фоновый риск** - это риск, обусловленный наличием эффектов природы и социальной среды обитания человека.

**Индивидуальный экологический риск** - это риск, который обычно отождествляется с вероятностью того, что человек в ходе своей жизнедеятельности испытает неблагоприятное экологическое воздействие. Индивидуальный экологический риск характеризует экологическую опасность в определенной точке, где находится индивидуум, т. е. характеризует распределение риска в пространстве. Это понятие может широко использоваться для количественной характеристики территорий, на которые оказывают воздействие негативные факторы.

Таким образом, понятие **экологического риска** позволяет для широкого класса явлений и процессов **дать количественное описание экологических опасностей**. Именно это качество оценки риска и представляет интерес для экологического страхования.

## **1.1 Факторы и условия возникновения риска. Виды техногенного риска**

Величина риска аварии зависит от надёжности технической системы. Чем выше надёжность системы, тем меньше вероятность аварии. На процесс возникновения и развития риска оказывает влияние множество факторов и условий, среди которых

- отказы в работе систем и агрегатов вследствие их конструктивных недостатков;
- низкого качества изготовления или нарушения правил технического обслуживания;
- отклонения от нормальных условий эксплуатации;
- ошибки персонала; внешние воздействия и пр.

Риск возникает при следующих необходимых и достаточных условиях:

- существование фактора риска (источника опасности);
- присутствие данного фактора риска в определенной, опасной (или вредной) для объектов воздействия мере;
- подверженность (чувствительность) объектов воздействия к факторам опасностей.

На рисунке 1.1 представлены факторы и условия возникновения риска.

Аварии могут возникать вследствие различных факторов или опасных воздействий. *На практике оценивают:*

- риск выхода из строя (отказа) оборудования или отдельных частей технической системы;
- риск аварии, возникающий в результате ошибок при проектировании; риск аварии, обусловленный ошибками при монтаже и строительстве;
- риск аварии, обусловленный нарушением правил эксплуатации и технологических режимов и т.д.

Величина риска аварии зависит от надёжности технической системы. Чем выше надёжность системы, тем меньше вероятность аварии.

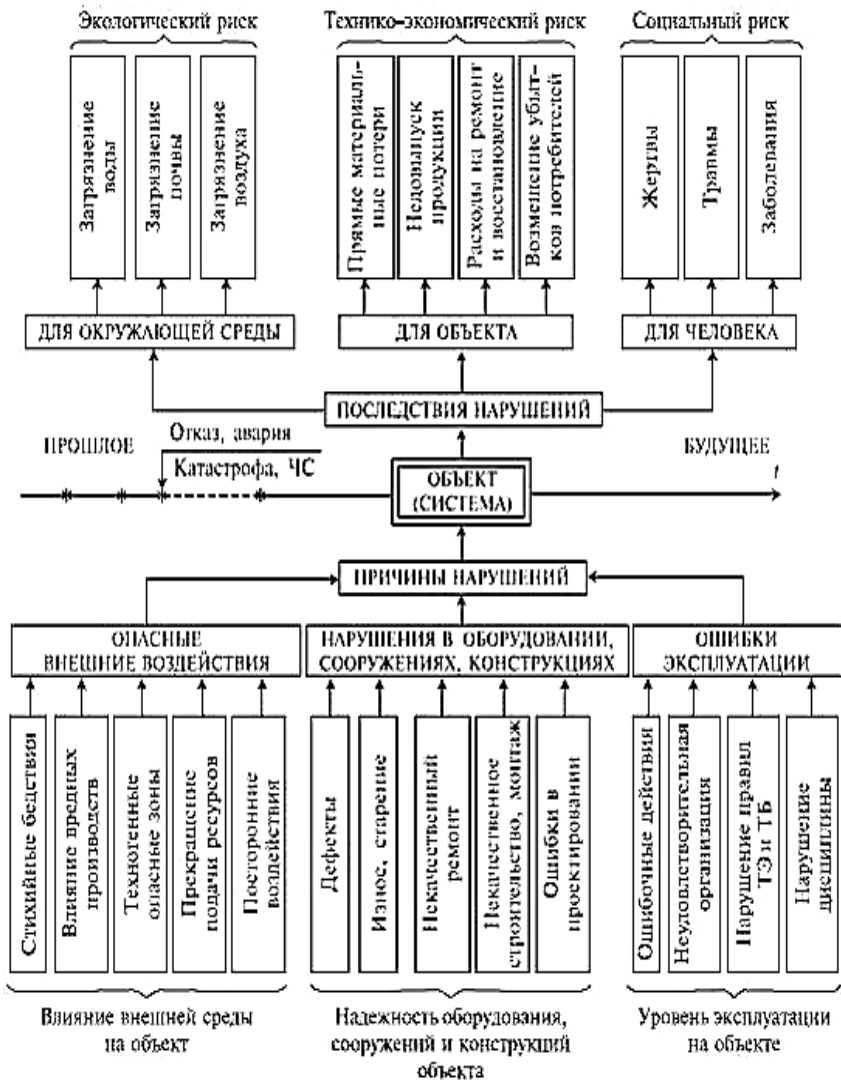


Рисунок 1.1 – Факторы и условия возникновения риска



Для управления рисками необходимо выявить (идентифицировать) потенциальные опасности на производстве или в иных сферах деятельности человека. Идентификацию опасностей проводят на основе системного анализа. Системный анализ – это совокупность методологических средств, в основе которых лежит разделение сложных систем на составные элементы, используемые для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам, в данном случае – безопасности.

Цель системного анализа безопасности – выявить причины, влияющие на появление нежелательных событий (аварий, катастроф, пожаров, травм и т.п.) и разработать предупредительные мероприятия, уменьшающие вероятность их появления.

Изучение причин возникновения нежелательных событий (причинно-следственный анализ) начинают с определения источников опасностей, конкретных предпосылок, повлекших возникновение указанных происшествий. Кроме того, определяются возможные предупредительные мероприятия, предотвращающие нежелательные события.

В технических системах нежелательные события чаще всего определяются последовательностью событий – предпосылок (причинная цепь) следующего вида:

- ошибка человека или отказ технологического оборудования, а также недопустимое внешнее воздействие;
- случайное появление опасного фактора в какой-либо части пространства;
- неисправность и отсутствие предусмотренных на этот случай средств защиты или неточные действия людей в данных условиях;
- воздействие опасных факторов на незащищенные элементы оборудования, человека или окружающую среду.

В ходе качественного анализа выявляются источники повышенной опасности, определяются маловероятные опасности, в случае реализации которых могут возникнуть и серьезные последствия, а также практически не осуществимые опасности.

Качественный анализ опасностей проводят с целью:

- выявления (идентификации) источников опасностей и их основных характеристик;
- определения повреждающих факторов, возникающих при действии опасности;
- выявления последовательности предпосылок (причин), приводящих к развитию процесса «опасность – причины - нежелательные последствия», а также проведению анализа (оценке) этих нежелательных последствий.

Опасности носят потенциальный, т.е. скрытый характер. Под идентификацией понимается процесс обнаружения и установления количественных, временных, пространственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение нормального функционирования технических систем и качества жизни.

В процессе идентификации выявляются номенклатура опасностей, вероятность их проявления, пространственная локализация (координаты), возможный ущерб и др. параметры, необходимые для решения конкретной задачи.

Методы обнаружения опасностей делятся на:

- *инженерный*. Определяют опасности, которые имеют вероятностную природу происхождения.
- *экспертный*. Он направлен на поиск отказов и их причин. При этом создается специальная экспертная группа, в состав которой входят разные специалисты, дающие заключение.
- *социологический метод*. Применяется при определении опасностей путем исследования мнения населения (социальной группы). Формируется путем опросов.
- *регистрационный*. Заключается в использовании информации о подсчете конкретных событий, затрат каких-либо ресурсов, количестве жертв.

- *органолептический*. При органолептическом методе используют информацию, получаемую органами чувств человека (зрением, осязанием, обонянием, вкусом и др.).

Примеры применения - внешний визуальный осмотр техники, изделия, определение на слух (по монотонности звука) четкости работы двигателя и пр.

Виды техногенного риска представлены на рисунке 1.2.

На процесс возникновения и развития риска оказывает влияние множество факторов и условий, среди которых

- ✓ отказы в работе систем и агрегатов вследствие их конструктивных недостатков, низкого качества изготовления или нарушения правил технического обслуживания;

- ✓ отклонения от нормальных условий эксплуатации;

- ✓ ошибки персонала;

- ✓ внешние воздействия и пр.

По масштабам воздействия техногенный риск можно разделить на следующие виды:

- локальный;

- региональный;

- глобальный.

Подверженность риску представляет характеристику ситуации, чреватой возникновением ущерба или другой формы реализации риска. В техническом смысле подверженность риску – это количество единиц наблюдения. Например, при анализе риска природных катастроф, под подверженностью риску понимается площадь опасной территории. Уязвимость выражает степень, или интенсивность, с которой может реализоваться данная опасность.

Взаимодействие с другими рисками предполагает рассмотрение группы рисков, при этом их взаимосвязь понимается в широком контексте, а не только в смысле наличия статистических закономерностей. Степень непредвиденности характеризует то,

насколько предсказуем был конкретный риск на данном этапе развития науки и техники.

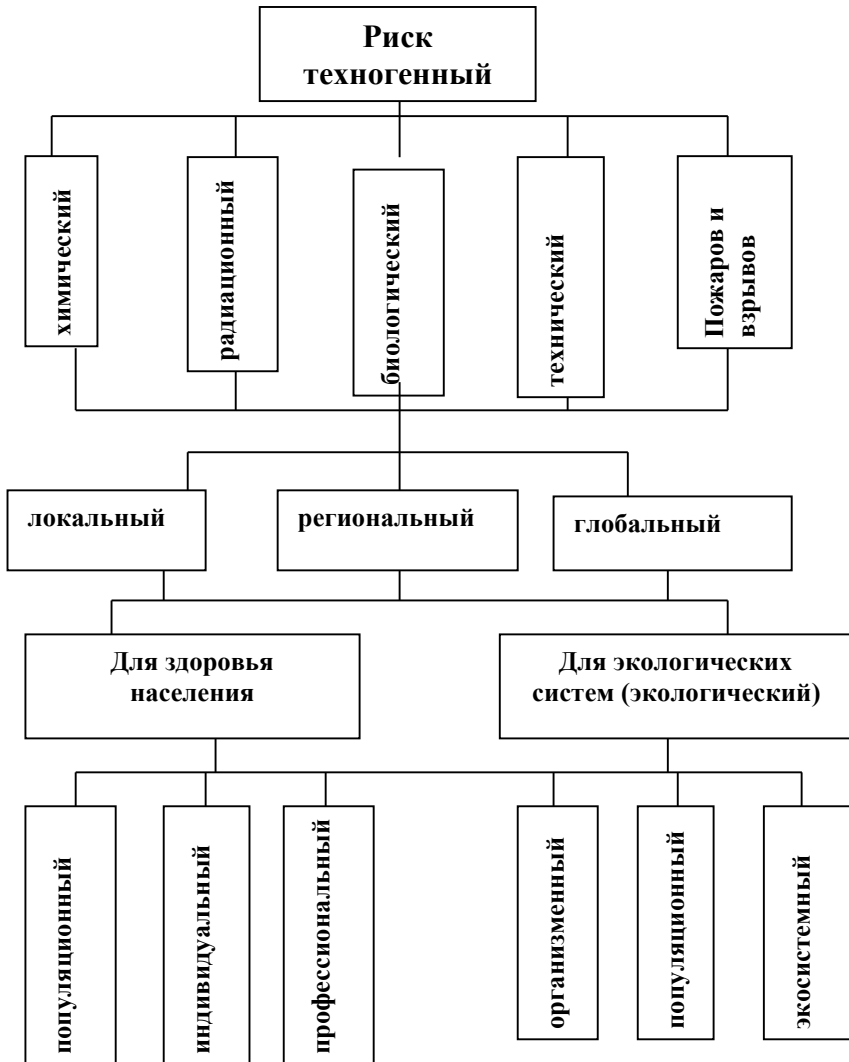


Рисунок 1.2 – Виды техногенного риска

## 1.2 Логическая последовательность реализации неопределенности и риска

Структурно риск можно описать с помощью следующих характеристик: опасность, подверженность риску, чувствительность к риску (уязвимость), степень взаимодействия рисков и степень непредвиденности рисков.

В общем случае реализация риска имеет определенную "структуру", последовательность. Изучение этой структуры важно не только для формирования полного представления о риске, но и для поиска принципиальных путей управления им. Рассмотрим процесс реализации риска в обратном порядке. Результатом реализации риска, согласно определению, являются неблагоприятные последствия, то есть изменение состояния объекта в худшую сторону относительно исходного или некоторого обоснованно ожидаемого состояния. Данное изменение происходит в результате воздействия на объект явлений, происходящих как вне, так и внутри его. Данные явления в свою очередь вызываются некоторым набором обязательных условий (обстоятельств), которые называются причинами. Эти обстоятельства-причины в свою очередь могут являться следствием других обстоятельств и т.д. "Глубина" исследования (количество причинно-следственных переходов), предшествующих реализации риска зависит от целей исследования и сложности ситуации.

В нейтральной трактовке, присущей понятию неопределенности, процесс ее реализации будет состоять из следующих элементов: причины, явление, воздействие на объект, изменение состояния объекта. Поскольку понятие риск в оценочной трактовке связано с неблагоприятностью изменения состояния объекта для заинтересованного субъекта, то нейтральные названия элементов структуры заменяются на термины, подчеркивающие негативный характер рассматриваемого явления: причины, опасное явление (событие), вредное воздействие, потери (вред,

ущерб) (рис.1.3).Каждый из элементов данной структуры можно разбить на еще более мелкие составляющие.

Выстроенная таким образом логическая цепочка элементов реализации риска и представляет собой его "структуру".

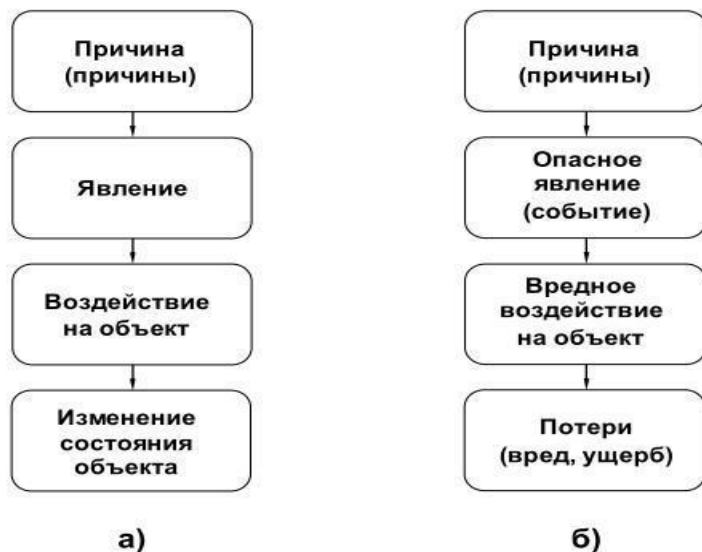


Рисунок 1.3 Логическая последовательность реализации неопределенности и риска.

В свою очередь, свойства опасного явления, которые при взаимодействии с объектом могут вызвать неблагоприятные изменения его состояния, в некоторых областях деятельности называют **вредными** или **поражающими факторами (свойствами)**.

В различных областях, где активно работают с риском (техника, медицина, обеспечение безопасности и т.д.) для обозначения элементов структуры используются также и другие близкие по смыслу термины.

Каждый из элементов данной структуры можно разбить на еще более мелкие составляющие. Так, например, чтобы констатировать потери (а значит, и реализацию риска) субъект должен:

- 1) узнать, что объект изменил состояние;
- 2) определить то состояние, в котором оказался объект после изменения (т.е. измерить последствия);
- 3) дать субъективную оценку данных последствий (т.е. сделать заключение о благоприятности или неблагоприятности этих последствий).

Основная цель интеграции понятия экологического риска в проблемы обеспечения экологической безопасности состоит в том, чтобы:

- по уровню экологического риска оценивать приемлемость и чрезмерную опасность видов деятельности, связанных с возможными аварийными ситуациями, имеющими неблагоприятные последствия для окружающей среды;
- обоснованно осуществлять процедуры экологического аудирования, экспертизы, сертификации и пр., адекватно оценивать экологическую опасность и ответственность за возможный ущерб окружающей среде;
- осуществлять управление экологическим риском, добиваясь снижения цены экологического риска при заданных ограничениях на затраченные ресурсы;
- осуществлять ранжирование неблагоприятных экологических воздействий по реальной и прогнозируемой экологической опасности; ранжирование территорий и групп населения - по величине экологического риска;
- использовать категорию экологического риска в качестве основы для принятия решений по вопросам обеспечения экологической безопасности, в том числе на основе принятия правовых актов, распорядительных и нормативно-методических документов;

– формировать политику в области размещения новых и модификации существующих предприятий, имеющих экологически опасные виды деятельности, в соответствии с международными обязательствами и прозрачными процедурами.

Понятие риска сочетает в себе, как минимум, две вероятности: вероятность реализации неблагоприятного воздействия и вероятность поражения, потерь, нанесенных этим воздействием объектам окружающей среды и населению. Риск означает вероятность возникновения конкретного эффекта в течение определенного времени или при определенных обстоятельствах.

#### **1.4 Функции и роль государства в управлении экологическими рисками**

Экологическое благополучие планеты, государства, региона - один из важнейших показателей жизнеобеспечения цивилизации в целом и ее территориальных групп. Разумеется, возможные техногенные катастрофы должны быть в поле зрения, но они не должны заслонять другие, может быть, еще более серьезные проблемы. Выхлопные газы автомобилей, например, не воспринимаются обычно как нечто первоочередное. Между тем эта проблема постепенно перерастает в крупных городах в колоссального монстра, подрывает здоровье населения. Так или иначе, но для решения проблем экологической безопасности нужна система. Контроль, статистика - чтобы информация была доступна, наглядна, а различные факторы можно было соизмерять друг с другом. И главное - управление, опирающееся на саморегуляцию. Необходимы механизмы, которые бы согласовывали интересы подсистем и направляли движение в русло, где соблюдается разумный баланс между экономикой и экологией.

Сложившаяся ситуация в этой области требует изменения традиционных подходов. Необходим переход от чисто кон-



трольной деятельности к регулирующим методам надзора, основанным на обновленной правовой базе и разрешительной деятельности. Система управления «медленными», но не менее опасными экологическими процессами, должна быть органично состыкована с управлением безопасностью в области техногенных катастроф. Реализация этих целей обеспечивается применением экономических и организационных механизмов, которые направлены, с одной стороны, на поддержание определенного уровня безопасности, а с другой - не препятствуют выпуску необходимого количества продукции и услуг.

Республика Беларусь – малая страна с высокой степенью открытости экономики и зависимости от внешних источников сырьевых и топливно-энергетических ресурсов. Крупномасштабные переходные процессы определяют новую фазу ее развития, когда идет сложный процесс преобразования сформированной за многие десятилетия экономической системы. В результате возникает ряд внутренних и внешних угроз, абсолютное большинство которых обусловлено экономическими причинами, и предотвращение которых в большей мере зависит от состояния самой белорусской экономики.

В этих условиях экономический потенциал превращается в материальную основу национальной безопасности страны. Как показывает мировая практика, укрепление экономического потенциала и обеспечение социально-экономической безопасности – это гарантия независимости государства, одно из главных условий эффективной жизнедеятельности общества, его стабильности, способности к устойчивому развитию. Социально-экономической безопасности принадлежит решающая, базисная роль в системе национальной безопасности.

Необходимость государственного управления экологическими рисками в рыночной теории определяется особой ролью товара под названием «чистая окружающая среда». Его особенность состоит в том, что он слишком велик для того, чтобы быть

проданным по частям, в розницу. В загрязненной атмосфере города невозможно «купить» участок чистого пространства и свою дозу загрязнения получают все горожане, вне зависимости от доходов или общественного положения. Разумеется, можно изолировать помещение и установить очиститель воздуха, жить в менее загрязненном районе или за пределами города. Но эти меры связаны с дополнительными расходами «третьих лиц», которые могут позволить себе далеко не все, а, следовательно, неизбежен дополнительный фактор социального расслоения, дополняющий расслоение экономическое. Товар под названием «чистая окружающая среда» относится к группе так называемых общественных товаров. В нее входят товары, покупаемые не индивидуально, а коллективно, всем обществом.

Загрязненная окружающая среда является следствием повышения уровня жизни, поскольку загрязняется она именно при производстве товаров. Желание платить за чистую среду обитания возникает при достижении определенного уровня жизни и переходе его в качество жизни. Оно регулирует отношения человека с окружающей средой и предполагает отказ от дополнительных маловажных покупок, повышение цен на потребительском рынке, усиление налогового бремени и пр. Для того чтобы понять этот процесс нужно рассмотреть вопрос, как приобретает товар «чистая окружающая среда»?

Товар «чистая окружающая среда» приобретает преимущественно оптом в тот момент, когда мы платим налоги или приобретаем все остальные товары, в цене которых заложены экологические издержки. Кроме того, частично его можно купить и индивидуально, выбирая экологически более безопасный район города, дополнительный очиститель воздуха или воды, сертифицированные продукты питания.

При продаже товара «чистая окружающая среда» у государства есть три возможности распределения издержек, определяющих цену: переложить все издержки на население, включить их в налоги, заставить платить предприятия.

В первом случае государство устраняется от продажи данного товара, вступая в противоречие с экономическими законами и «здравым смыслом». Это не демократический путь, ему обычно следуют страны с тоталитарным типом правления.

Второй путь означает усиление налогового пресса. Государство строит за свой счет (за счет налогоплательщиков) очистные сооружения, осуществляет иные меры по экологической безопасности, устраняя из этой сферы население и предпринимателей. В этом случае, несмотря на высокий социальный статус, государство принимает на себя чрезмерные обязательства и ответственность при инертном поведении населения и предпринимателей, способных выдвигать к нему лишь дополнительные требования. Налоговый пресс, при этом, может быть слишком велик, а ожидания не оправдываются, что ухудшает социальную и политическую ситуацию.

Третий путь предполагает значительное усиление административного давления на предпринимателей, рост экологических издержек и цен товаров. В результате, товары могут оказаться неконкурентоспособными в сравнении с товарами из стран, где проводится иная политика. Возможны стагнация производства, экономический кризис, от последствий которого страдают все.

В реальности, используются все три пути распределения экологических издержек. Государство адекватно воспринимает миссию обеспечения экологической безопасности, включает её в свою политическую программу. Часть средств для её реализации поступает от налогоплательщиков, остальные оплачивают предприниматели. С этой целью формируется законодательная и нормативная база, соблюдение которой контролирует специально уполномоченный государственный орган. Она обеспечивает приемлемый уровень (планку) экологического риска для всех. Для тех, кто хочет его превысить, доступен рынок экологических товаров.

Концепция приемлемого уровня экологического риска в настоящее время господствует в экономической теории, определяя многие стороны социальной и политической жизни, влияя на менталитет людей разных стран. Высокая планка «приемлемости» повышает статус государства и его жителей. Занижение - проводит черту, отделяющую развитые страны от развивающихся стран или от стран с переходной экономикой, придавая налет второсортности. Образуется клуб развитых стран, так называемый «золотой миллиард», а внутри его «платиновые сто миллионов» жителей. Для обеспечения высокого качества жизни страны «золотого миллиарда» «сбрасывают» в развивающиеся грязные производства, плохо поддающиеся экологической модернизации, терпят на своем рынке присутствие импортных товаров, созданных по обычным несовершенным и неэкологичным технологиям и в то же время препятствуют проникновению на свой рынок товаров новейших технологий путем формирования экологически обусловленных нетарифных барьеров.

Для принятия мер на государственном уровне необходимо определить понятие «безопасная окружающая среда» и «приемлемый экологический риск». Это достигается путем экологического нормирования и стандартизации. Система мер, регулирующих деятельность государства по снижению экологического риска, включает в себя следующие мероприятия:

1. *нормативно-правовые*, определяющие права и обязанности сторон в сфере управления экологическими рисками, устанавливающие ограничения на виды и размеры деятельности для отдельных отраслей и объектов;

2. *административные*, связанные с осуществлением функций контроля за результатами деятельности, включая меры административного воздействия и принуждения;

3. *экономические*, предполагающие экономическое стимулирование деятельности по снижению рисков, согласование экологических и экономических интересов сторон;

4. *технические*, определяющие возможность и доступность технических решений по снижению риска.

Нормативно-правовые и административные меры имеют вид законодательных актов РБ и ее субъектов, Указов Президента РБ, Постановлений Совета Министров и субъектов РБ, разнообразных, содержащихся в актах уполномоченных министерств и ведомств. Их цель – сформировать комплекс ограничений деятельности, своеобразный коридор, ведущий предпринимателя к запрограммированному решению. Он не предполагает вторжение во внутреннюю деятельность организаций, а только отсекает решения, превышающие установленную планку приемлемого риска, зафиксированную в Законах и других нормативных актах. По мере изменения положения этой планки изменяются и нормативные акты.

На практике большое внимание уделяется санитарно-гигиеническим нормативам, в первую очередь, предельно-допустимым концентрациям (ПДК) загрязнителя в определенной окружающей среде, которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у потомства. ПДК характеризуют отсутствие риска для здоровья. Однако, на практике, мы имеем дело со значительным превышением этого показателя. Разрыв между реальным и единичным значением очень хорошо иллюстрирует степень риска загрязнения окружающей среды для здоровья людей. Вместе с тем, поскольку показатели ПДК в городах и промышленных зонах нашей страны обычно превышены, по ним трудно установить планку приемлемости риска.

Инструментом, позволяющим регулировать загрязнения, являются нормативы предельно-допустимых сбросов и выбросов загрязняющих веществ (ПДС и ПДВ). Считается, что с их помощью можно удерживать ПДК в допустимых пределах на расчетной планке приемлемости экологического риска. Для экосистем установлены нормативы предельно-допустимых нагрузок

(ПДН), определяющие границу, за которой начинается их деградация.

Нормативы ПДК первоначально разрабатывались для закрытых помещений, таких как цех предприятия. Но рабочие «грязных» цехов получают льготы по пенсии, дополнительные компенсационные выплаты и пр. Лица же, живущие за пределами предприятий, этого лишены, даже если получают дозы загрязнения, многократно превышающие ПДК. Поэтому для населения (третьих лиц) введены нормативы равные 0,1ПДК, так называемые ПДК населенных мест (ПДКн.м.).

Разработка ПДК трудоемка и, несмотря на то, что их разработаны тысячи, возникает необходимость введения новых, например, для новых загрязнителей, постоянно появляющихся вследствие развития химии, для других сред, таких как рыбохозяйственные водоемы и пр. ПДС и ПДВ также не вполне оправдывают ожидания ввиду того, что носят региональный характер, утверждаются местными властями, не всегда заинтересованными в прессе региональных загрязнителей. Особенно трудно определить нормативы ПДН, относящиеся к каждой экосистеме в отдельности. Как правило, используется экспертный метод и только в отношении экосистем, подвергающихся интенсивному воздействию и ценных с какой-либо стороны для человека.

Методы регулирования состояния окружающей среды, принятые в развитых странах, отличаются большей последовательностью. Помимо всех названных нормативов здесь определяющим является стандарт, т.е. конкретная цель, поддающаяся измерению, устанавливающий порог концентрации загрязняющих ингредиентов в выбросах, сбросах, в продуктах питания и т.д. В настоящее время место частных стандартов занимают комплексные. Так, в отношении транспорта разработаны стандарты Евро1, Евро2 и т.д. (введен Евро 6). Они определяют комплекс требований не только к содержанию загрязняющих веществ в

выхлопных газах автомобилей, но и к производителям (импортерам) самих автомобилей, устройствам очистки выхлопных газов, к различным видам моторных топлив и т.д.

Экономические меры призваны стимулировать экологическую деятельность по снижению рисков путем предоставления льгот или наложения санкций на предприятия. Кроме того, государство обязано правильно управлять внешними эффектами, так как продажа общественного товара в рыночной экономике имеет дело с фиаско рынка. Управление внешними эффектами представляет собой целый раздел экономики охраны окружающей среды. Ликвидация внешних эффектов предполагает переключение на предприятия экологической ответственности по рискам и соответствующих затрат по их профилактике, ликвидации последствий страховых случаев, очистке стоков, выборов и т.д., а также стимулирование рынка услуг по утилизации отходов, созданию экологически чистых технологий и иных предприятий экобизнеса.

Технические меры определяют возможный спектр решений по экологизации производства и снижению рисков за счет его модернизации путем применения более эффективного сырья, полуфабрикатов, применения новейшего оборудования и целых технологических линий, созданию систем очистки стоков и отходящих газов, снижению токсичности отходов и многого другого. Спектр возможных решений (альтернатив) определяется развитием научно-технического прогресса в области новых экологически безопасных технологий. Регулярная замена морально устаревающего оборудования на технически более совершенное и безопасное, является характерной чертой продвинутых социально ответственных организаций. Экологически совершенное и безопасное оборудование является, как правило, одновременно более производительным и экономичным. Проводя политику модернизации, продвинутые организации получают комплекс конкурентных преимуществ, за счет которых развивают

экспансию и обеспечивают доминирующее положение на рынке.

Большие возможности заложены в экологической деятельности самих промышленных организаций. Развитие экологической стандартизации в развитых странах привело к идее по возможности максимального исключения риска из их деятельности путем принятия превентивных (профилактических) мер. Так появились стандарты экологического менеджмента, подробно описывающие тот комплекс действий, которые должна осуществить организация, для того, чтобы получить сертификат соответствия.

В них входит множество обязательных операций по разработке и реализации экологической политики, планированию мероприятий, формированию организационной структуры управления, обучению персонала, экологическому страхованию и прочие.

### **1.5 Международное сотрудничество в сфере управления экологическими рисками**

Многие факторы, вызывающие экологические риски, вышли за пределы национальных границ и представляют опасность в международном и планетарном масштабе. К ним относятся трансграничное перемещение загрязняющих веществ вместе с текучими средами – воздухом и водой; захоронение опасных веществ в морях и океанах, слаборазвитых странах, где не обеспечены их утилизация и контроль за хранением; снижение содержания озона (O<sub>3</sub>) в стратосфере, приводящий к образованию «озоновой дыры»; увеличение содержания в атмосфере «парниковых» газов, вызывающих глобальное потепление. Эти и многие другие, вновь возникающие угрозы, вынудили разработать стратегию устойчивого развития (УР), позволяющую найти адекватный ответ, устранить или снизить экологические риски сейчас и в дальнейшей перспективе.



Принципы устойчивого развития изложены в Декларации, принятой на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Их цель – удовлетворить потребности в развитии и сохранении окружающей среды не только для нынешнего, но и будущих поколений. Для этого необходимо так ориентировать экономический рост, чтобы совмещать его с экологической безопасностью. Экономический рост, как таковой, в этой концепции не рассматривается как приоритетный, а лишь в связи с его последствиями. Экология и экономика занимают паритетные позиции. В центре же стоит человек, имеющий естественное право на здоровую и плодотворную жизнь.

В управлении экологическими рисками концепцией УР выделяется три наиболее значимых принципа:

**1. Принцип общественной целесообразности управленческой деятельности.** В соответствии с ним управление, направленное на достижение конкретных целей организации, не может рассматриваться как эффективное, если выгода от его деятельности для общества характеризуется отрицательной величиной. В него входит и понятие экологической эффективности, означающее приоритет экологической безопасности над частными целями управляемого объекта.

**2. Принцип социальной безопасности управленческой деятельности.** Управление не может быть эффективным, если уровень риска для человека (социума) является чрезмерным, даже если общество получает при этом определенную выгоду.

**3. Принцип экономической целесообразности управленческой деятельности.** Управленческая деятельность не может быть признана эффективной, если затраты на нее превышают размеры экономического ущерба. Декларация призывает добиваться интернационализации затрат на охрану окружающей среды включая ущербы от экологических рисков в затраты организа-

ции. Этот принцип обязывает организацию искать все возможные последствия предпринимаемой деятельности и учитывать исходящие из них риски, включая экологические.

В дальнейшей реализации концепции устойчивого развития в экономике наметилось несколько направлений: *«строгой», «слабой» и «критической» устойчивости.*

**«Строгая» устойчивость** отличается тем, что факторы, выходящие за границы процесса потребления индивидуальных товаров, рассматриваются как повышающие благосостояние и жизненно необходимые. В центре находится качество окружающей среды и поддержание способности ресурсов к восстановлению. Детерминанты благосостояния рассматриваются как отдельные. Например, четко разделяется собственно экономический и эколого-ресурсный секторы. Между ними не существует меры или «обменного курса», по которому можно было бы перевести друг в друга экономические и экологические показатели. Главным, определяющим «строгость», требованием является, чтобы при любом развитии состояние «природного капитала» не изменялось бы во времени. В этом случае он станет бесконечным источником потока благ для поддержания человеческого капитала.

Состояние страны, стагнирующей во всех секторах на уровне минимума средств существования, с позиций такого подхода оценивается как лучшее, по сравнению со страной, предпринимающей шаги (при высоком начальном уровне) в сторону устойчивости, но в одном из подсекторов при этом может обнаружиться отход назад. Получается, что ни первому (низкое благосостояние), ни второму примеру невозможно присвоить качество строгой устойчивости.

**«Слабая» устойчивость** исходит из того, что допускает конструирование единой концепции благосостояния, в которую включаются экономические и экологические величины, рассматриваемые как взаимозаменяемые блага. Природный и человеческий капитал рассматриваются как агрегированный, и цель

состоит в том, чтобы его уровень оставался постоянным. Сложность такого подхода, с экономической точки зрения, состоит в сравнении значений капитала созданного человеком и созданного природой. Здесь речь идет о попытках монетаризации загрязнения, пока еще очень несовершенных. Если эти попытки в дальнейшем будут удачны, перспективы концепции слабой устойчивости оцениваются как хорошие.

**«Критическая» устойчивость** занимает среднее положение между уже описанными концепциями. В ней допускается, что природные и индивидуальные блага рассматриваются как взаимозаменяемые, но устанавливаются пределы взаимозаменяемости. Например, если потребление природного ресурса повышает благосостояние, но сокращает запас ниже определенной границы, оно не может рассматриваться как приемлемое с позиций устойчивости. Получается, в рамках этой концепции определяется некоторый «природно-ресурсный и экологический коридор», определяющий возможность устойчивого экономического развития. Сложность возникает в некоторых определениях границ этого коридора. Во-первых, стремление к повышению полезности не гарантирует сохранения определенных видов животного и растительного мира, даже если они очень полезны для человека. Во-вторых, сложно судить о полезности ресурса для будущих поколений. В-третьих, при проведении политики полезности могут возникнуть ошибки. Ведь если последствия человеческой активности необратимы, то оно «нечаянно» может пойти не по тому пути, возврата из которого нет (глобальное потепление климата).

В настоящее время в странах ЕС применяются стандарты EMAS. Однако наибольшее распространение получили стандарты экологического менеджмента, разработанные международной организацией по стандартизации (ИСО, ISO) и закрепленные в качестве государственных стандартов. Недостатком этих стандартов является добровольность внедрения. Предпри-

ятие, получившее сертификат соответствия стандарту экологического менеджмента рассматривается как экологически безопасное и в меньшей степени становится объектом внимания государственных контролирующих органов. Соответствие системы стандарту поддерживается проведением периодического независимого экологического аудита.

Международный стандарт ISO 31000-2018 Управление рисками - Руководство, ГОСТ Р ИСО 31000- 2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство, и национальный стандарт СТБ ISO 31000 Менеджмент рисков. Руководящие указания. Менеджмент рисков способствуют установлению стратегии организации, достижению целей и принятию обоснованных решений. Менеджмент рисков имеет фундаментальное значение для осуществления менеджмента организации на всех уровнях, он способствует улучшению систем менеджмента. В соответствии с этими документами управление рисками основывается на принципах, структуре и процессах (рисунок 1.4). Оценка рисков - общий процесс идентификации, рисков и оценивания рисков, который проводится систематически. Идентификация рисков представляет собой поиск, определение и описание рисков, которые могут помочь или помешать организации достичь своих целей. При идентификации рисков важна подходящая и актуальная информация. При процедуре идентификации рисков учитываются следующие факторы:

- материальные и нематериальные источники риска;
- причины и события, угрозы и возможности;
- уязвимости и возможности;
- изменения во внешнем и внутреннем контексте;
- показатели появления рисков;
- характер и ценность активов и ресурсов;
- последствия и их воздействие на цели;
- ограниченность знаний и надежность информации;
- факторы, связанные со временем;

- предвзятость и убеждения тех, кто вовлечен.

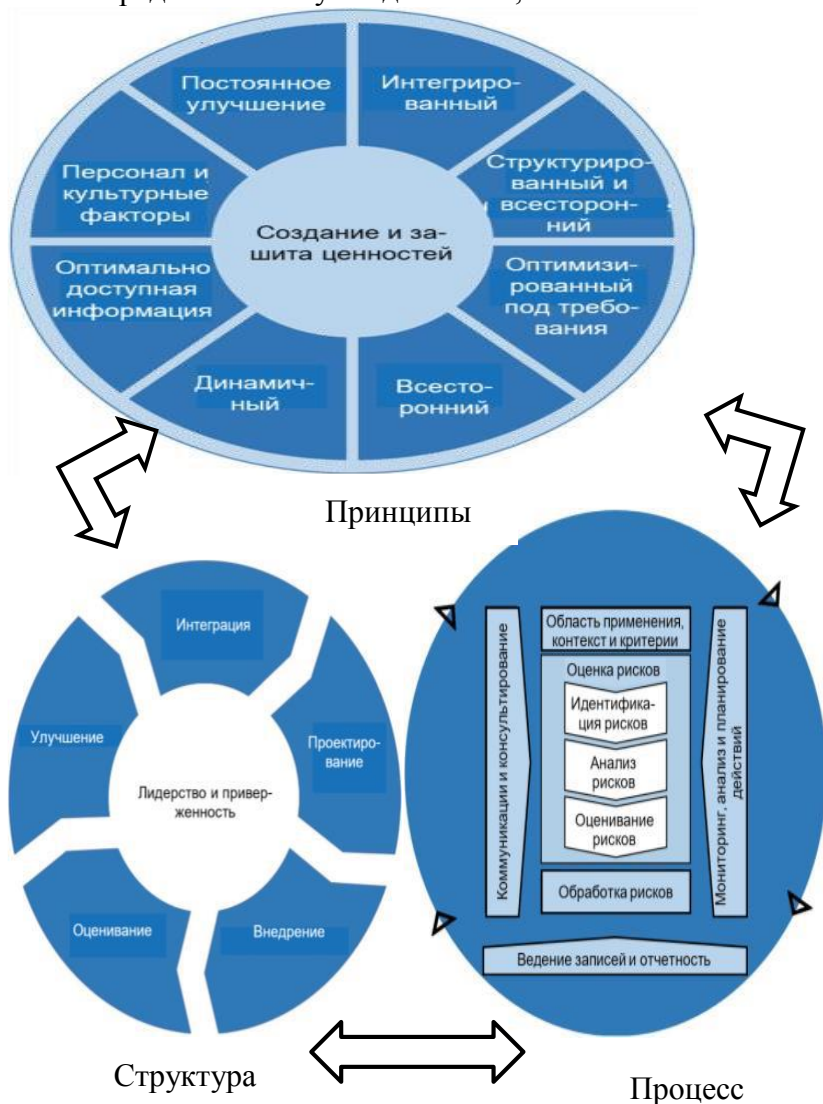


Рисунок 1.4 – Принципы, структура и процесса менеджмента риска

Анализа рисков проводится для понимания природы риска и его характеристики, включая уровень риска. Он включает подробное рассмотрение неопределенностей, источников риска, а также последствий, вероятности, событий, сценариев, средств управления и их результативности. Событие может иметь множественные причины и последствия и может воздействовать на множество целей. Анализ рисков осуществляется с различной степенью детальности и сложности в зависимости от цели анализа, доступности информации и доступных ресурсов. Он бывает качественным, количественным либо их комбинацией и учитывает следующие факторы:

- вероятность событий и последствий;
- характер и масштабы последствий;
- сложность и связность;
- связанные со временем факторы и волатильность;
- результативность существующих средств управления;
- уровни чувствительности и достоверности.

На анализ риска могут влиять любые расхождения мнений, предвзятость, восприятие риска и суждения. Дополнительно на качество используемой информации влияют сделанные предположения и исключения, любые ограничения для техник и способы их выполнения. Неопределенные события могут трудно определяться количественно. В таких случаях использование комбинации различных применяемых техник. Таким образом, анализ рисков предоставляет входные данные для оценивания рисков, принятия решений относительно необходимости дальнейшей обработки рисков и как ее провести, а также для выбора наиболее подходящей стратегии и методов обработки рисков.

Оценивание риска включает сравнение результатов анализа риска с установленными критериями риска, чтобы определить, где требуются дополнительные действия. Это может привести к решению:

- ничего не делать дальше;

- рассмотреть варианты обработки риска;
- провести дальнейший анализ, чтобы лучше понять риск;
- поддерживать существующие средства управления;
- пересмотреть цели.

Решения по оцениванию риска необходимо документировать, доводить до сведения и затем валидировать на соответствующих уровнях организации. Обработка рисков предусматривает повторяющийся процесс, состоящий из:

- формулирования и выбора вариантов обработки риска;
- планирования и внедрения обработки риска;
- проведения оценки результативности этой обработки;
- решения, является ли остаточный риск приемлемым;
- если он не приемлем, проведения дальнейшей обработки.

Варианты обработки риска могут включать:

- избегание риска посредством принятия решения не начинать или не продолжать деятельность, которая обуславливает возникновение риска;
- принятие или повышение риска для использования возможностей;
- устранение источника риска;
- изменение вероятности;
- изменение последствий;
- разделение риска (например, по контракту, путем покупки страховки);
- сохранение риска на основании обоснованного решения.

Выбор вариантов обработки риска необходимо осуществлялся в соответствии с целями организации, критериями риска и доступными ресурсами. Обработка риска, даже если она тщательно спроектирована и внедрена, может не дать ожидаемых результатов, и может привести к непреднамеренным последствиям. Поэтому мониторинг и пересмотр должны быть неотъ-

емлемой частью внедрения обработки рисков, чтобы обеспечить гарантию того, что различные формы обработки рисков становятся и остаются результативными.

Обработка риска также может вводить новые риски, менеджмент которых необходимо осуществлять. Оставшийся риск необходимо задокументировать и подвергать мониторингу, пересмотру и, при необходимости, дальнейшей обработке.

Использование планов обработки риска необходимо для установления порядка реализации, выбранных вариантов обработки выявленных рисков. Информация, представленная в планах обработки рисков, должна включать:

- обоснование для выбора вариантов обработки, включая ожидаемые выгоды, которые должны быть получены;
- тех, кому назначены отчетность и обязанности по одобрению и внедрению плана;
- предлагаемые действия;
- необходимые ресурсы, включая чрезвычайные ситуации;
- измерения пригодности;
- ограничения;
- требуемая отчетность и мониторинг;
- указание о том, когда действия должны быть предприняты и завершены.

Мониторинг, анализ и планирование действий являются гарантом обеспечения и улучшения качества и результативности всего процесса управления риском. Мониторинг, анализ и планирование действий осуществляются на всех стадиях процесса менеджмента рисками. Они включают планирование, сбор и анализ информации, запись результатов и реагирование руководства предприятия на полученные результаты.

Весь процесс менеджмента рисков и его результаты следует документировать для дальнейшего обмена информацией о деятельности и результатах менеджмента риска во всей организации



и предоставления информации для принятия решений. Решения, касающиеся создания, хранения и обработки документированной информации необходимо принимать во внимание, использовать для постоянного улучшения. Отчетность является неотъемлемой частью руководства организацией.

В Международном стандарте МЭК 31010:2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» (IEC 31010:2019 «Risk management — Risk assessment techniques». NEQ) и ГОСТ Р 58771—2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска содержатся рекомендации по выбору и применению различных технологий, которые могут быть использованы для совершенствования понимания неопределенности и риска. Технологии оценки риска используются в тех случаях, когда:

- требуется понимание того, какие риски существуют, или углубленное понимание конкретного риска;
- при необходимости выбора, сравнения и оптимизации альтернативных решений с учетом риска;
- в рамках процесса управления рисками, для выбора оптимальных методов обработки риска.

Технологии используются на этапах оценки риска для идентификации, анализа и сравнительной оценки риска и в целом, когда есть необходимость понять неопределенность ее последствия. Технологии, описанные в этих стандартах, могут использоваться для решения широкого класса задач, однако большинство из них возникло в технической области. Технологии эволюционировали со временем и продолжают развиваться, многие могут использоваться в широком диапазоне ситуаций помимо их первоначального применения.

## **2 УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕД- ПРИЯТИЯ**

### **2.1 Формы возникновения и проявления негативного действия экологического фактора на уровне эколого-экономических рисков на предприятии.**

Управление природоохранной деятельностью приобрело статус одной из самых приоритетных и острых проблем, стоящих перед человечеством. Достаточно сложно одновременно сохранять темп экономического роста и минимизировать негативные последствия антропогенного воздействия на природу.

Именно это характеризует современное отношение к проблемам управления экологическими процессами и рождает понимание того, что управление развитием производства и экологическими процессами необходимо соединить вместе. Это возможно, если будет построена система и механизмы управления экологическими процессами в соответствии с концепцией устойчивого развития, а управление будет ориентировано не на производство как таковое, а на производство экологическое.

Процессы, обусловленные действием экологического фактора, в мировой экономической иерархии определяются, прежде всего, соответствующими сдвигами на микроэкономическом уровне. Поэтому изучение вопросов, связанных с влиянием экологических проблем на экономику в целом, необходимо начинать с исследования действия экологического фактора на предприятии.

*Формы проявления негативного действия экологического фактора* на микроэкономическом уровне в основном сводятся к разным осложнениям для деятельности предприятий как основных субъектов хозяйственной деятельности:

- повышение издержек производства;

- обострение проблемы реализации экологически небезопасных товаров и услуг;
- появление угрозы физической безопасности рабочих и служащих предприятий (угрозы для здоровья и жизни);
- обесценение основных фондов и опасность их полного разрушения;
- финансовые потери в связи с возмещением экологического ущерба обществу и др.

Как показывает анализ хозяйственной практики для ослабления негативного воздействия экологического фактора необходимо использовать соответствующий механизм идентификации

- факторов экологической опасности;
- оценки характеристик риска;
- разработки экономических методов регулирования.

Например, риск-анализ дает возможность выработать широкий спектр подходов к оценке составляющих *эколого-экономических рисков (ЭЭР)*, связанных с различными производственными процессами, и принципов, позволяющих создать программу минимизации и контроля этих рисков. В странах, даже в относительно стабильных экономических условиях, субъекты хозяйствования уделяют пристальное внимание вопросам управления рисками.

В Республике Беларусь проблемам анализа и управления всем комплексом рисков, возникающих в процессе их экономической деятельности, уделяется недостаточное внимание. ЭЭР образуются в результате перехода экологических рисков в экономические при взаимодействии экономических агентов (источника и реципиента риска) с окружающей природной средой (ОПС) (рис. 2.1).

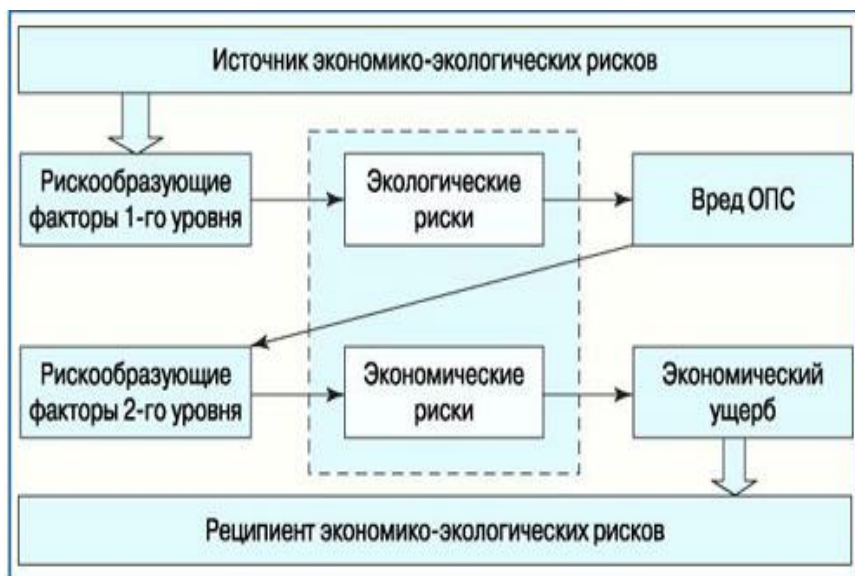


Рисунок 2.1 - Схема возникновения экономико-экологических рисков на предприятии

Таким образом, они имеют две составляющие, взаимно дополняющие друг друга. В качестве негативных факторов безопасности для составляющих *эколого-экономических рисков (ЭЭР)*, выделим три стадии:

- рискообразующий фактор;
- риск;
- его результат в форме вреда или ущерба.

На основе анализа отечественных и зарубежных данных в общем случае *ЭЭР предлагается определять как риски экономических потерь, вреда (ущерба)*, которые могут быть у объектов различного уровня вследствие ухудшения состояния окружающей среды (ОС). Среди их специфических особенностей выделяют следующие:

– **ЭЭР** связаны с ущербом не только отдельного хозяйствующего субъекта, но и других предприятий, населения, народного хозяйства в целом, а также растительного и животного мира;

– **ЭЭР** включают риски жизни и здоровья населения, поэтому на предприятиях — источниках экологической опасности — должны предъявляться особенно жесткие требования к их уровню;

– **ЭЭР** образуют как техногенные, связанные с промышленной деятельностью человека, так и природные, не зависящие от человека, источники опасности, которые, вместе с тем, могут находиться во взаимосвязи и порождать цепные реакции;

– **экономический вред (ущерб)** от экологически неблагоприятных событий может проявиться не только в настоящем, но и в будущем, и его следует учитывать при текущем и стратегическом планировании деятельности предприятия, города, региона и т.д.

В понятие вреда (ущерба) от экологически неблагоприятных событий включаются:

– дополнительные расходы предприятия на восстановление ОС;

– компенсации пострадавшим физическим и юридическим лицам;

– упущенная выгода;

– увеличение расходов.

Рассмотрим структуру экономического ущерба для промышленных предприятий, которая позволяет полнее оценить:

– текущие и будущие экологические издержки;

– точнее определить уровень ЭЭР;

– разработать программу превентивных мер;

– спланировать потребности в финансовых ресурсах для покрытия данных затрат (рис. 2.2).

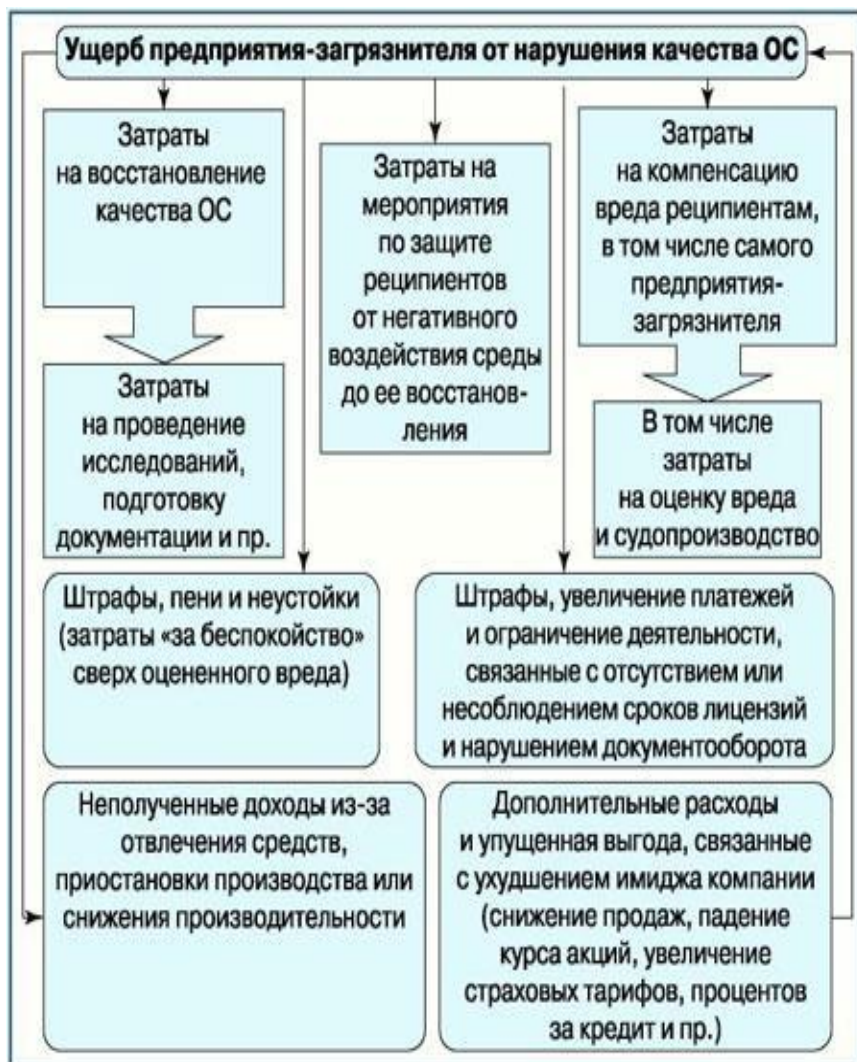


Рисунок 2.2- Структура ущерба предприятия-загрязнителя от нарушения качества окружающей среды

## 2.2 Методы и процесс управления рисками на предприятии. Процессная модель системы управления рисками.

Общая схема процесса управления рисками на предприятии представлена на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 - Схема процесса управления рисками на предприятии

Применяемая в настоящее время во многих странах методика определения платы за негативное воздействие на ОС не обладает достаточной точностью для установления возможного ущерба в целях оценки ЭЭР, однако удовлетворяет минимальным требованиям для использования в качестве инструмента исчисления регулярных платежей за природопользование.

Другие подходы и методы к оценке экологического ущерба обладают положительными и отрицательными сторонами. Они либо не закреплены законодательно, либо носят рекомендательный характер, что затрудняет задачу обоснования исчисленной суммы вреда (ущерба) в судебном порядке.

Недооценка потенциального вреда ОС и третьим лицам, возможная при использовании более грубых, но закрепленных законодательно методик, может привести к:

- неправильному планированию и размещению производства;
- ошибкам в управлении предприятиями-природопользователями;
- недостатку превентивных мер;
- увеличению ЭЭР.

На основании обобщения и систематизации опыта экологического аудирования и управления рисками на многих предприятиях предлагается выделять по принципу действия следующие **методы по управлению группами рисков:**

- **проверяющие** — экологический аудит; совершенствование систем измерения и анализа (компьютерные системы, измерительные приборы);
- **технологические** — установка, реконструкция и совершенствование систем очистки выбросов и сбросов; альтернативные более чистые технологии; обустройство и озеленение территории; принятие мер, локализующих вредное воздействие



(размещение опасных объектов, строительство специальных сооружений); экономия ресурсов за счет использования отходов других предприятий;

– **информационно-просветительские** — подготовка и экологическое просвещение кадров (тренинги, семинары, курсы повышения квалификации); прогнозирование ЭЭР; использование услуг экологического консалтинга;

– **исключения рисков** — исключение опасных технологических процессов; отнесение технологических процессов из зоны опасности; внедрение экологически безопасных и безотходных технологий;

– **нормирующие** — разработка и проведение открытой экологической политики; разработка и совершенствование регламентной базы; разработка и конкретизация должностных инструкций; внедрение систем экологических стандартов;

– **контрольные** — автоматизированные системы управления безопасностью технологического процесса; создание экологической службы предприятия; отладка и проверка опасного оборудования; предъявление требований к наличию лицензий и экологических сертификатов партнеров; организационные меры по очистке территории;

– **взыскательно-возмещающие** — рекультивация земель; добровольное оперативное устранение последствий загрязнения; создание ликвидных доходных резервов на возмещение возможного ущерба;

– **передачи рисков** — добровольное страхование; передача опасных технологических процессов другим предприятиям; передача отходов другим предприятиям;

– **стимулирующие** — системы мотивации персонала.

При этом предлагается разделять **методы управления ЭЭР** на **административные и рыночные**, поскольку методы управления рисками на региональном уровне и уровне предприятия различаются.

**Формирование страхового портфеля** следует рассматривать как элемент комплекса управления рисками, направленного на минимизацию рисков предприятия и оптимизацию вариантов страхования для достижения максимального экономического эффекта.

Этапы формирования страхового портфеля предприятия учетом критериев экономической эффективности и целесообразности страхования:

1) выявление предпринимательских рисков, которым подвержено предприятие;

2) анализ вероятности наступления риска и стоимостная оценка вреда (ущерба);

3) определение сопутствующих рисков с учетом простоев производства, нарушения договорных обязательств и т.п., их стоимостная оценка;

4) определение экономической целесообразности и эффективности страхования того или иного вида предпринимательских рисков (риски, покрываемые при помощи самострахования и стратегии ликвидации и минимизации рисков; риски, передаваемые по договорам страхования);

5) оценка различных вариантов и существенных условий договоров страхования (франшиза, сроки и размеры возмещения и т.п.). Анализ вариантов страхования у разных компаний;

6) сравнительный анализ эффективности по каждому из видов страховых сделок в разрезе имеющихся альтернативных вариантов;

7) формирование страхового портфеля предприятия;

8) оценка экономической эффективности сформированного страхового портфеля;

9) оптимизация страхового портфеля, как с точки зрения экономического эффекта, так и с учетом размера реально возможного страхового бюджета;

10) заключение страховых договоров по рискам, удовлетворяющих всем критериям эффективности (или временный отказ

от страхования рисков, не подлежащих первоочередному страхованию и не удовлетворяющих критериям);

11) динамический анализ страхового портфеля;

12) корректировка состава портфеля.

При этом следует иметь в виду, что от этапа зависят возможные методы критериального анализа и оценки страхового портфеля.

С точки зрения долгосрочного управления рисками на предприятии большое значение приобретает **формирование системы**, позволяющей:

- эффективно принимать решения,
- управлять рисками на всех этапах, от оценки и до корректировки,
- оказывать управляющее воздействие на элементы системы для оптимизации процессов и повышения эффективности.

Для решения подобного рода задач можно предложить процессную модель системы управления рисками на предприятии (рис. 2.4), в рамках которой управленческие решения могут быть направлены на повышение эффективности отдельного элемента или процесса

Для снижения существующих рисков до приемлемого уровня необходимо скорректировать три основные функции управления применительно к целям системы риск-менеджмента.

- планирование;
- организация;
- контроль.



Рисунок 2.4 - Процессная модель системы управления рисками на предприятии

## 2.3 Действия при реализации эколого-экономического риска

Принимая поэтапное возникновение ЭЭР, считаем, что для каждого выделенного этапа должно осуществляться последовательное и непрерывное выполнение основных функций.

Обособление подфункций обусловлено характером угроз экономической безопасности, возникающих при реализации ЭЭР (таблица 2.1).

Данная структура может быть реализована на государственном, региональном и локальном уровнях.

При этом содержание специальных функций управления зависит от уровня, на котором осуществляется управление производственной деятельностью.

На основе проведенного материала можно сформулировать следующие **рекомендации**:

1. В целях обеспечения устойчивого природопользования на предприятиях различных сфер экономики рекомендуется использование методологии риска анализа для получения научно-обоснованных количественных оценок вероятности и экономических последствий наступления экологически неблагоприятных событий, а также для выработки соответствующих управленческих решений.

2. Для комплексного независимого анализа негативного воздействия предприятий на ОС, оценки и управления ЭЭР следует применять процедуру экологического аудита.

3. Для снижения ЭЭР на предприятиях следует использовать всю совокупность доступных методов управления ЭЭР (повышение квалификации персонала в области охраны окружающей среды, нормирование и контроль потенциально опасных производственных процессов через разработку и конкретизацию регламентов и должностных инструкций, до исключения опасных производственных процессов и внедрения более чистых технологий).

Таблица 2. 1. Действия при реализации ЭЭР.

Этапы	Действие при реализации функции		
	Планирования	Организации	Контроля
Экологический риск-образующий фактор	Анализ природоохранного законодательства; планирование деятельности; Загрязнение ОС	Организация защиты ОС на производстве	Экологический контроль на производстве; Контроль ведения экологической отчетности; ОВОС
Экологические риски	Прогнозирование рисков; Планирование ПОД	Организационно-техническое обеспечение ПОД	Контроль за соблюдением природоохранного законодательства
Вред объектам ОС	Планирование затрат на ликвидацию вреда, мер оперативного реагирования	Организация действий в чрезвычайной ситуации	Экологический мониторинг; Проведение учений по ликвидации загрязнений
Экономический риск-образующий фактор	Прогнозирование изменений; Выявление потенциальных заинтересованных сторон	Мониторинг экологической составляющей внешней среды	Контроль за ликвидацией загрязнения, качеством природной среды
Экономический риск	Анализ риска; Планирование рискоснижающих мероприятий и резервов; Планирование оповещения о рисковых ситуациях	Организационно-техническое обеспечение рискоснижающих мероприятий	Контроль за проведением защитных мероприятий от рисков; Проведение учений по предотвращению негативного воздействия среды
Экономический ущерб	Планирование компенсационных выплат, превентивных мероприятий на объектах риска	Организация компенсаций и восстановительных работ, превентивных мероприятий.	Контроль за выполнением восстановительных работ, компенсационными выплатами

Таблица 2.2. Действия и исполнения при реализации ЭЭР.

Функция управления	Действие при реализации функции	Исполнитель
Планирование	Планирование рисковснижающихмероприятий и резервов, восстановительных работ	Главный инженер (начальник производства)
	Прогнозирование экономического риска, компенсационных выплат	Экономист
	Анализ природоохранного законодательства, выявление потенциальных заинтересованных сторон	Юрист
	Прогнозирование экологических рисков, планирование ПОД	Инженер поООС
Организация	Организация мероприятий по предотвращению вреда ОС, действий в ЧС; организационно-техническое обеспечение рисковснижающих мероприятий	Главный инженер (начальник производства)
	Организация компенсации и восстановительных работ	Главный экономист
	Организационно-техническое обеспечение природоохранных мероприятий; мониторинг экологической составляющей внешней среды	Инженер ООС
Контроль	Проведение учений по ликвидации загрязнений; контроль за проведением защитных мероприятий от рисков, за выполнением восстановительных работ	Главный инженер (начальник производства)
	Контроль над компенсационными выплатами	Главный экономист
	Контроль за соблюдением природоохранного законодательства	Юрист
	ОВОС; экологический мониторинг; контроль за ликвидацией загрязнения; контроль за качеством природной среды и ведением экологической отчетности	Инженер ООС
	Экологический контроль на производстве	Отдел технического контроля

Важное значение для снижения ЭЭР имеют разработка и проведение открытой экологической политики предприятия.

Для отдельного предприятия система риск-менеджмента в значительной степени индивидуальна в зависимости от характера его экологических рисков (таблица 2. 2).



### **3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ**

#### **3.1 Основные экологические факторы и стратегии развития промышленных предприятий**

Современная мировая экономическая система характеризуется ростом продуктивности в условиях ограниченности ресурсов. Поэтому в этой системе постоянно осуществляется перестройка составляющих ее компонентов и связей между ними с целью повышения эффективности использования ресурсов. Основополагающими в формировании и развитии мирового хозяйства становятся процессы воздействия глобализации и интернационализации на экономику отдельных стран.

Повышающаяся степень открытости мирового хозяйства стимулирует его развитие, затрагивая все существенные компоненты жизни человеческого общества. Глобализация стала одной из наиболее влиятельных сил, определяющих дальнейший ход развития нашей планеты в целом. Сегодня она затрагивает все области общественной жизни, включая экономику, политику, социальную сферу, культуру, окружающую среду, безопасность и др.

Главным двигателем развития глобальной экономики и экономической интеграции становится либерализация международных экономических отношений, в том числе:

- либерализация торговли;
- технологический прогресс, приведший к резкому сокращению транспортных и коммуникационных издержек;
- достижение глобального единomyслия в оценке рыночной экономики и системы свободной торговли.

В то же время усилившиеся в последнее десятилетие процессы глобализации не только в сфере экономики, но и во внедрении ценностей западной цивилизации как модели для развития всего человечества, усугубили ситуацию с выработкой об-

щей стратегии преодоления человечеством глобального экологического кризиса. Человек, не задумываясь о последствиях, превысил отведенный ему природой лимит использования экологического ресурса. Понимание этого обстоятельства приводит только к одному выводу - человечество не способно искусственным образом наладить разладившиеся механизмы естественной регуляции состояния окружающей среды.

Человечество в первую очередь должно позаботиться о сохранении оставшихся незатронутых хозяйственной деятельностью природных комплексов с постепенным возвращением в отпущенный лимит воздействия на глобальную окружающую среду.

*Существуют два основных экологических фактора, лимитирующих развитие экономики любого уровня:*

- наличие природных ресурсов;
- уровень загрязнения окружающей среды.

Уровень загрязнения природной среды какой-либо территории зависит, прежде всего, от *ассимиляционного потенциала (АП)* данной территории, который, в свою очередь, до последнего времени считался фактором, ограничивающим развитие экономических систем.

Как только состояние окружающей среды становится серьезной проблемой общественного развития, государства начинают формировать *экологическую политику*.

Современная экологическая политика стала целенаправленно складываться во второй половине XX века. И до этого человечество переживало социально-экологические кризисы, вырабатывало приемы и способы смягчения и решения экологических проблем. Но это были локальные и региональные кризисы. В XX - XXI веке изменения окружающей среды *стали глобальными*, что было зафиксировано еще в 60-х годах XX столетия научными наблюдениями и основывалось на анализе использования ресурсов.

Прежняя концепция экологической безопасности, оформляемая *экологической экспертизой*, которая принимала во внимание только *показатели предельно допустимых концентраций*, не удовлетворяет современному представлению об экологической безопасности: *сведение к минимуму отрицательного воздействия проектируемого объекта на экологическую систему, включая человека*.

Вопрос экологической безопасности воздействия промышленности на окружающую среду является предметом изучения многих специалистов (Забродский В.Н., Капустин Н.Н., Иванов А.Р., Шлыков В.А., Игнатов В.Г., Кокин А.В. и др.). Однако единого мнения не существует, и следствием этого является различная интерпретация толкования термина "Экологическая безопасность", нечеткость в оценке экологической безопасности промышленного предприятия, загрязняющего окружающую среду в результате своей производственной деятельности.

Антропогенная нагрузка в ряде случаев столь велика, что нерешенность экологических проблем становится *ограничителем развития многих отраслей промышленности*.

В исследованиях по экономике природопользования традиционно доминирует парадигма *максимизации общественного благосостояния*.

При этом ставится задача поиска такого варианта аллокации ресурсов, при котором достигается оптимальный уровень загрязнения окружающей среды (ОС).

Решение задачи заключается в минимизации издержек загрязнения, т.е. получения обоюдной экономической выгоды общества и предприятия-загрязнителя в рамках природоохранных мероприятий. Такой подход предполагает, что качество ОС имеет определенную рыночную цену. Оптимальный уровень загрязнения и антропогенное воздействие на ОС непосредственно зависят от этой цены, т.е. от экономической ситуации на рынке природопользования.

Еще в 1985 г. была предпринята попытка отразить социальный *оптимум загрязнения* на макроэкономическом уровне на основе *экономической оценки ассимиляционного потенциала (АП) экологических систем*, т.е. их лимитированной способности нейтрализовывать и обезвреживать в определенных пределах вредные выбросы. В 80-е годы специалисты пришли к выводу, что проблема *экономической оценки АП* осложняется *недостаточным общественным осознанием* роли ассимиляционного потенциала как важнейшего стратегического ресурса современной цивилизации. На начальном этапе перехода общества к устойчивому развитию экономическая концепция ценности ОС сыграла свою положительную роль.

### **3.2 Принцип эколого-экономической сбалансированности**

В настоящее время для предотвращения экологической катастрофы актуальна задача разработки новых подходов к *стратегии развития промышленных предприятий (ПП)*, методология формирования которых основывалась бы на одном из основных принципах устойчивого развития - *принципе эколого-экономической сбалансированности*.

Для промышленного предприятия этот принцип означает *формирование единой социально-эколого-экономической системы*, обеспечивающей эффективное, экологобезопасное хозяйствование и "вписывание" производственной деятельности в природные циклы, *когда развитие материального производства соответствует ассимилирующему потенциалу природной среды*.

С этих позиций необходима разработка нового подхода к оценке влияния производственной деятельности на ассимиляционный потенциал не с точки зрения рыночного товара, а как непосредственной характеристики естественной экосистемы.

*Ассимиляционный потенциал (АП)*, в отличие от традиционных природных ресурсов, *имеет особенности*:

✓ в связи с возрастающим воздействием хозяйственной деятельности на состояние окружающей среды способность АП «сопротивляться» воздействию человека становится важнейшим условием дальнейшего существования человечества;

✓ АП по своей направленности способствует достижению той степени чистоты окружающей среды (например, атмосферного воздуха), которая придает соответствующему ресурсу свойства предмета качественного коллективного потребления;

✓ *количественная оценка АП* - непростая задача из-за необходимости учета обширного комплекса факторов, влияющих на его величину.

В качестве аналогии можно указать на экономический вред (ущерб) от загрязнения окружающей среды. Ввиду неполных знаний о последствиях загрязнения, истинные (полные) оценки экономического вреда (ущерба) вряд ли будут скоро получены. Существуют приближенные методы его определения, которые используются в практике согласования производственной и противозагрязняющей деятельности.

Аналогично разработаны и используются методики оценки АП, что позволяет выявить потери ассимиляционного потенциала на определенной территории, т.е. степень деградации этих территорий. Имеющиеся данные (Гусев А.А., Акимова Т.А., Кокин А.В. и др.) указывают на *наличие значительных потерь ассимиляционного потенциала на определенных территориях, т.е. решения проблем повышения эффективности регулирования природопользования - актуальны.*

Приближенно количественно АП характеризуется как *система оценок по учитываемым ингредиентам загрязнения в интервале от нуля до их пороговых значений.*

В настоящее время широко известна *теория сбалансированного природопользования*, в рамках которой дается понятие и методика расчета АП, который может изменяться в пределах  $\pm 1$ . При этом *возврат в естественную среду* и экосистему возможен только в интервале ассимиляционного потенциала  $0 -$

(+1). В интервале 0 - (-1) утрачиваются естественные экосистемы и сосуществуют только модифицированные (искусственные), включая модифицированные биотопы и биоценозы. В последнем случае возврат к естественным средам, экосистемам, биотопам и биоценозам невозможен.

*Дегградация ОС* понимается как процесс, в результате которого снижается способность экосистем поддерживать постоянство качества жизни в рамках экосистемы. Степень дегградации т.о. определяется величиной АП: *если  $0 < АП < +1$ , то дегградация ОС отсутствует*. Т.о. мера дегградации есть мера неустойчивости или неустойчивости локальной экосистемы. В устойчивой системе мера дегградации должна быть меньше или равна нулю. Это позволяет достаточно четко связать понятие *ассимиляционного потенциала с понятием устойчивости локальной социально-экономической системы*, и более того - с понятием устойчивого развития экономики в целом и ПП в частности.

Реализация *принципа эколого-экономической сбалансированности* связана с совершенствованием не просто экономических, а социально-экономических методов исследования. Социально-экономические методы должны включать кроме экономических и социальные показатели эффективности, где одним из *основных является качество окружающей среды*.

В соответствии с этим при оценке влияния производственной деятельности на ассимиляционный потенциал необходимо рассматривать локальную систему, включающую два основных взаимодействующих элемента:

- окружающую среду (ОС), интересы которой представляет общество (социум);
- промышленное предприятие с соответствующими экономическими интересами.

Такая локальная система является *социально-экономической*.  
*Необходимо оценить:*

– насколько устойчива локальная система *«производственная деятельность промышленного предприятия - окружающая среда»*;

– насколько безопасна производственная деятельность ПП для локальной социально-экологической системы не только с т.з. рыночных отношений, но и с позиций ее возможной деградации.

В экономике сложилась ситуация, при которой предприниматели развивают производство в тех сферах, где возможно получить реально ощутимые результаты в обозримый период времени. С этой точки зрения экологическая сфера не является для них привлекательной, потому что качественные характеристики окружающей среды обладают признаками общественного блага, то есть им присущи свойства неисключаемости и неконкурентности в потреблении. Экономические инструменты экологической политики эффективны не всегда. Так ставки экологических платежей являются не достаточно высокими, и предприятиям-загрязнителям часто оказывается выгоднее платить и загрязнять, чем снижать или предотвращать загрязнение. По оценкам экспертов ежегодный ущерб, наносимый загрязнением природной среды, в масштабах отдельной страны составляет порядка *230-250 млрд. рублей*, а вносимая природопользователями плата за загрязнение - около *2,5 млрд. рублей*.

Основная цель применения экономических механизмов в сфере промышленной экологии - *стимулировать снижение предприятиями техногенной нагрузки на природную среду*. Действующая во многих странах система платежей за загрязнение окружающей среды не обладает заметным стимулирующим воздействием на предприятия. Платежи не учитывают исчерпаемость ассимиляционного потенциала территории, ни на ближайшее время, ни, тем более, на длительный срок. Поэтому необходимо безотлагательного введения в действие более эффективного экономического механизма защиты окружающей

среды с помощью более совершенной системы экологических платежей.

*Основными недостатками действующего хозяйственного механизма в части регулирования хода экономических и экологических процессов являются:*

1. единообразный подход к субъектам рынка на стадии обоснования решений по реконструкции, расширению и новому строительству объектов, воздействующих на природную среду, и на стадии их функционирования;

2. построение взаимоотношений между обществом и бизнесом в экологической сфере на стадии функционирования предприятия по принципу виновности (загрязнитель платит), тогда как необходимо исходить из принципа экономически эквивалентных взаимоотношений - общество не имеет другой технологии, и загрязнитель платит за сверхнормативное загрязнение и за задержку с внедрением новых технологий или с перебазированием на другую территорию, где суммарный ущерб от производства объективно необходимой для страны продукции будет наименьший;

3. отсутствие дополнительных (кроме снижения платежей за загрязнение природной среды) стимулов к ускоренному внедрению новых ресурсосберегающих, но капиталоемких технологий;

4. ничтожные платежи за загрязнение природной среды, используемые при обосновании района, пункта и площадки размещения предприятия при данной технологии".

*Система платежей* - начало пути к системе, когда виновник загрязнения будет платить за право пользования ассимиляционным потенциалом. С точки зрения практики важнейший результат - это создание альтернативного источника финансирования природоохранных мероприятий, т.е. *экологических фондов*. Существующие проблемы также обусловлены отсутствием систематизированного знания о построении и функционировании экономического механизма в системе управления ПП с позиций



стратегии экобезопасности его производственной деятельности. Требуется дальнейшего развития сама стратегия экологически безопасной деятельности ПП в аспекте экономического развития в условиях конкурентной рыночной среды. Нет полной ясности о понятии экологического статуса ПП, что затрудняет его экономическую оценку и со стороны конкурентов, инвесторов, кредиторов, государственных и общественных организаций, и со стороны самих ПП.

Для предприятий необходимо разработать обоснованные рекомендации по совершенствованию стратегий экономического управления ПП, ориентированные на эко-экономический принцип развития. Это позволит достигнуть наивысшую при данных объективных условиях степень охраны окружающей среды в рамках новой этики бизнеса и, учитывая масштабы корпоративного развития, сделать более интенсивным процесс качественных изменений в секторе экономики.

## 4. СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

### 4. 1. Основные подходы к определению риска. Классификации рисков

В процессе деятельности предприятия сталкиваются с совокупностью различных видов рисков, которые различаются между собой

- по месту и времени возникновения;
- по совокупности внешних и внутренних факторов, влияющих на их уровень;
- по способу их анализа;
- по методам их описания.

Все виды рисков взаимосвязаны и оказывают влияние на деятельность предприятия. Эти обстоятельства затрудняют принятие решений по оптимизации риска и требуют углубленного анализа состава конкретных рисков, а также причин и факторов их возникновения. На рисунке 4.1. представлены основные группы подходов к определению риска на предприятии.

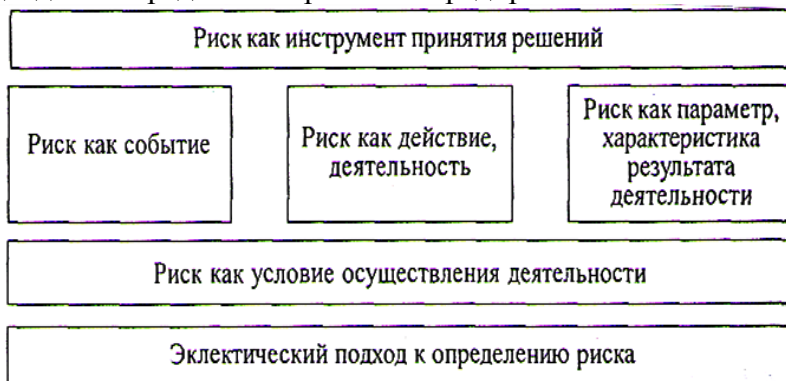


Рисунок 4.1 - Основные группы подходов к определению риска на предприятии

Существует множество подходов к классификации рисков, которые, как правило, определяются целями и задачами классификации.

Наиболее важными элементами, положенными в основу классификации рисков, являются:

- время возникновения;
- основные факторы возникновения;
- характер учета;
- характер последствий;
- сфера возникновения и др.

**По времени возникновения** риски распределяются на:

- ретроспективные;
- текущие;
- перспективные.

Анализ ретроспективных рисков, их характера и способов снижения дает возможность более точно прогнозировать текущие и перспективные риски.

**По факторам возникновения** риски подразделяются на:

- политические;
- экономические (коммерческие);
- социально-демографические.

**Политические риски** – это риски, обусловленные изменением политической обстановки, влияющей на предпринимательскую деятельность (заккрытие границ, запрет на вывоз товаров в другие страны, военные действия на территории страны и др.).

**Экономические риски** – это риски, обусловленные неблагоприятными изменениями в экономике предприятия или в экономике страны. Наиболее распространенным видом экономического риска, в котором сконцентрированы частные риски, является изменение конъюнктуры рынка, несбалансированная ликвидность (невозможность своевременно выполнять платежные обязательства), изменение уровня управления и др.

Эти виды рисков связаны между собой, и часто на практике их достаточно трудно разделить.

**По характеру учета** риски делятся на *внешние и внутренние риски*.

**К внешним** относятся риски, непосредственно не связанные с деятельностью предприятия или его заинтересованными сторонами (социальные группы, юридические и (или) физические лица, которые проявляют потенциальный и/или реальный интерес к деятельности конкретного предприятия). На уровень внешних рисков влияет очень большое количество факторов — политические, экономические, демографические, социальные, географические и др.

**К внутренним** относятся риски, обусловленные деятельностью самого предприятия и его заинтересованными сторонами. На их уровень влияет деловая активность руководства предприятия, выбор оптимальной маркетинговой стратегии, политики и тактики и другие факторы: производственный потенциал, техническое оснащение, уровень специализации, уровень производительности труда, техники безопасности.

**По характеру последствий** риски подразделяются на *чистые и спекулятивные риски*.

**Чистые риски (простые или статические)** характеризуются тем, что они практически всегда несут в себе потери для деятельности. Причинами чистых рисков могут быть стихийные бедствия, войны, несчастные случаи, преступные действия, недееспособность организации и многое другое.

**Спекулятивные риски (динамические или коммерческие)** характеризуются тем, что они могут нести в себе как потери, так и дополнительную прибыль для предприятия по отношению к ожидаемому результату. Причинами спекулятивных рисков могут быть изменение конъюнктуры рынка, изменение курсов валют, изменение налогового законодательства и др.

**По сфере возникновения.** Различают следующие основные виды деятельности:

– **производственная** — используются в качестве факторов деятельности орудия и предметы труда, рабочая сила, производство продукции, товаров, услуг;

– **коммерческая** – приобретение и продажа готовых товаров (услуг);

– **финансовая** – особая форма деятельности, когда в качестве предмета купли-продажи выступают деньги и ценные бумаги, продаваемые потребителю (покупателю) или предоставляемые ему в кредит. Примером такой деятельности являются банки, где не все виды деятельности подпадают под данное определение;

– **посредническая** – предприниматель сам не производит и не продает товар, а выступает в роли посредника, связующего звена в процессе товарного обмена в товарно-денежных операциях. Здесь главная задача и предмет деятельности — соединить две заинтересованные во взаимной сделке стороны;

– **страхование** – оно заключается в том, что предприниматель за определенную плату гарантирует потребителю (страхователю) компенсацию возможной потери имущества, ценностей, жизни в результате непредвиденного бедствия. Предприниматель (страховщик) получает страховой взнос, который возвращает только при определенных обстоятельствах.

Поскольку вероятность возникновения таких обстоятельств обычно не очень велика, то оставшаяся часть взносов образует предпринимательский доход.

В соответствии *со сферами предпринимательской деятельности* выделяют:

- производственный риск;
- коммерческий риск;
- финансовый риск;
- риск страхования;
- риск форс-мажорных обстоятельств.

**Производственный риск** связан с невыполнением предприятием своих планов и обязательств по производству продукции, товаров, услуг, других видов производственной деятельности в результате неблагоприятного воздействия внешней среды, а также неадекватного использования новой техники и технологий, основных и оборотных фондов, сырья, рабочего времени. Наиболее *важная причина возникновения производственного риска* – возможное снижение предполагаемых объемов производства, рост материальных и/или других затрат, уплата повышенных отчислений и налогов, низкая дисциплина поставок, повреждение оборудования и т.п.

**Коммерческий риск** – риск, возникающий в процессе реализации товаров и услуг, произведенных или закупленных предприятием/предпринимателем. *Причинами коммерческого риска* являются: снижение объема реализации вследствие изменения конъюнктуры или других обстоятельств, повышение закупочной цены товаров, потери товара в процессе обращения, повышение издержек обращения и др.

**Финансовый риск** связан с возможностью невыполнения предприятием/фирмой своих финансовых обязательств. *Основными причинами финансового риска* являются: обесценивание инвестиционно-финансового портфеля вследствие изменения валютных курсов, неосуществление платежей; войны, беспорядки, катастрофы и т.п.

**Страховой риск** – риск наступления предусмотренного условиями страхования события, в результате чего страховщик обязан выплатить страховое возмещение (страховую сумму). *Основными причинами страхового риска* являются: неправильно определенные страховые тарифы, азартная методология страхователя; войны, беспорядки, катастрофы и т.п.

**Риск форс-мажорных обстоятельств** – обстоятельств непреодолимой силы, которые не могут быть ни предотвращены, ни устранены какими-либо мероприятиями. К таким об-

стоятельствам относятся стихийные бедствия (природные катастрофы), наводнения, землетрясения, штормы и другие климатические катаклизмы, войны, революции, путчи, забастовки и т.п., которые мешают организации осуществлять свою деятельность. Поскольку наступление форс-мажорных обстоятельств не зависит от воли предприятия (организации), в случае их наступления стороны освобождаются от ответственности по контрактам (в соответствии со ст. 79 Конвенции ООН о договорах купли-продажи).

Возмещение потерь, вызванных форс-мажорными обстоятельствами, осуществляется, как правило, посредством страхования сделок в специализированных страховых компаниях.

***Основными причинами внутренних рисков являются:***

- отсутствие профессионального опыта у руководителя организации;
- слабые общеэкономические знания руководства и персонала организации;
- финансовые просчеты;
- плохая организация труда сотрудников;
- нерациональное использование сырья и оборудования;
- утечка конфиденциальной информации по вине служащих;
- плохая приспособляемость организации к переменам в окружающей рыночной среде;
- недостаток знаний в области природоохранной деятельности, менеджмента, маркетинга и др.

Влияние этих причин особенно отчетливо просматривается на примере ***организационного и ресурсного рисков.***

***Страновой риск.*** Страновые риски непосредственно связаны с интернационализацией деятельности. Они актуальны для всех участников внешнеэкономической деятельности и зависят от политико-экономической стабильности стран - импортеров, экспортеров.

***Причинами странового риска могут быть:***

- особенности государственного устройства и законодательства;
- нестабильность государственной власти;
- неэффективная экономическая политика, проводимая правительством;
- этнические и региональные проблемы;
- резкая поляризация интересов различных социальных групп и т.п.

На результаты деятельности могут оказывать влияние проводимые государством торговое и валютное регулирование, квотирование, лицензирование, изменение таможенных пошлин и многое другое.

***Валютный риск*** состоит в возможности финансовых потерь субъектов валютного рынка в результате долгосрочных и краткосрочных колебаний валютных курсов, которые зависят от спроса и предложения на валюту на национальных и международных валютных рынках.

На колебание валютных курсов решающее влияние оказывают следующие факторы:

- *в долгосрочном периоде*
  - общее экономическое состояние страны,
  - уровень производства,
  - сбалансированность основных макроэкономических пропорций,
  - объемы внешней торговли и т.п.
- *в краткосрочном периоде*
  - сбалансированность отдельных рынков,
  - общее состояние рыночной и конкурентной среды.

Колебания количественных показателей отдельных факторов и их определенное соотношение играют решающую роль в из-



менении валютных курсов и поэтому могут оказывать существенное влияние на характер возникновения и степень валютного риска.

Изменение валютных курсов влияет также на конкурентоспособность товаров. Удешевление национальной валюты приводит к тому, что товары, произведенные в данной стране, на зарубежных рынках станут дешевле, а иностранные товары на национальном рынке – дороже. Это означает, что удешевление национальной валюты способствует увеличению объемов экспорта и снижению объемов импорта, а подорожание национальной валюты, наоборот, способствует увеличению объемов импорта и сокращению объемов экспорта.

Валютные риски относятся к спекулятивным рискам, поэтому при потерях одной из сторон в результате изменения валютных курсов другая сторона, как правило, получает дополнительную прибыль, и наоборот.

**Налоговый риск** состоит в возможности финансовых потерь в результате изменения налоговой политики (появление новых налогов, ликвидация или сокращение налоговых льгот и т.п.), а также изменения величины налоговых ставок.

Налоговые риски следует рассматривать с двух позиций – предпринимателя и государства. Налоговый риск предпринимателя состоит в возможном появлении дополнительных расходов, а государства – в возможном сокращении поступлений в бюджет в результате изменения налоговой политики и/или величины налоговых ставок.

Уровень предпринимательского риска увеличивают не только высокие ставки налогов, но и нестабильность налогового законодательства, когда существует высокая вероятность того, что ставки налогов могут быть изменены, как правило, в сторону увеличения. Постоянно вносимые поправки и дополнения являются источником риска, лишают предпринимателей уверенности в надежности своей деятельности.

**Организационный риск** – риск, обусловленный недостатками работы в организации.

*Основными причинами организационного риска являются:*

а) низкий уровень организации:

- ошибки планирования и проектирования;
- недостатки координации работ;
- слабое регулирование
- неправильная стратегия снабжения;
- ошибки в подборе и расстановке кадров;

б) недостатки в организации маркетинговой деятельности:

- неправильный выбор продукции (нет сбыта);
- товар низкого качества;
- неправильный выбор рынка сбыта;
- неверное определение емкости рынка;
- неправильная ценовая политика (затоваривание);

в) неустойчивое финансовое положение.

Следствием указанных просчетов и ошибок являются непроеизводительные потери и дополнительные производственные затраты, снижение прибыли и ухудшение конечных результатов деятельности предприятия (организации).

**Ресурсный риск** состоит в возможности появления потерь в результате отсутствия запаса прочности по ресурсам в случае изменения ситуации, в которой осуществляется деятельность (изменение оплаты труда, изменения пошлин и налогов, хищения, повышенный брак, порча товаров и материалов, срывы поставок, изменение требований к ведению предпринимательской деятельности и др.).

Под влиянием этих изменений может возникнуть:

- нехватка материалов и продукции;
- нехватка рабочей силы;
- нехватка финансовых средств и т.п.

Отсутствие запаса ресурсов в случае изменения ситуации приводит к увеличению сроков реализации проекта и, как следствие, к его удорожанию, а в наиболее сложных случаях – к его провалу (ликвидации) со всеми вытекающими из этого последствиями.

Наглядными примерами такого положения дел могут служить долгострой, объекты незавершенного строительства и др.

**Портфельный риск.** В процессе функционирования любой организации приходится решать трудную задачу определения размера и сферы приложения инвестиций. Такая задача возникает при наличии у организации/фирмы или отдельного предпринимателя свободных денежных средств.

Существенную помощь в деле инвестирования оказывает широко применяемая западными фирмами система *управления портфелями ценных бумаг*. *Портфелем инвестораназывается* совокупность ценных бумаг, держателем которых он является. *Портфельный риск* заключается в вероятности потери по отдельным типам ценных бумаг, а также по всей категории ссуд.

Для создания портфеля ценных бумаг достаточно инвестировать деньги в какой-либо один вид финансовых активов. Однако, вложив деньги в акции одной компании, инвестор оказывается зависимым от колебания ее курсовой стоимости.

Если инвестор вложит свой капитал в акции нескольких компаний, то эффективность также будет зависеть от курсовых колебаний, но только не каждого курса, а усредненного. Средний же курс, как правило, колеблется меньше, поскольку при понижении курса одной из ценных бумаг курс другой может повыситься и колебания, могут взаимно погаситься.

**Кредитный риск**, или риск невозврата долга, – это риск неплатежа заемщиком основного долга и процентов по нему в соответствии со сроками и условиями кредитного договора. Этот риск может быть связан:

– с сомнением насчет обоснованности оказанного доверия, т.е. с недобросовестностью заемщика — его попытками намеренного банкротства или другими попытками должника уклониться от выполнения обязательств (в том числе легальными способами, например: в договоре отсутствует срок платежа, после поставки товара),

– с возможной недостаточностью размеров обеспечения, т.е. с опасностью невольного банкротства из-за того, что расчеты заемщика на получение дохода не оправдались.

**Инновационный риск** связан с финансированием и применением научно-технических новшеств. Поскольку затраты и результаты научно-технического прогресса растянуты и отдалены во времени, они могут быть предвидены лишь в некоторых, обычно широких пределах. *Инновационный риск состоит в возможности потерь*, возникающих при финансировании предприятием (фирмой):

- разработки новой техники и технологий,
- разработки новых товаров и услуг,
- других инноваций, которые не найдут предполагаемого спроса на рынке и не принесут ожидаемого эффекта.

Инновационный риск воспринимается как объективная и неизбежная реальность.

Так, мировой опыт свидетельствует, что вероятность получения предполагаемых результатов на стадии фундаментальных исследований обычно не превышает 0,1, а на стадии прикладных научных разработок составляет 0,8.

## **4.2 Способы управления экологическими рисками**

Управление экологическими рисками промышленного предприятия должно осуществляться в рамках системы экологического менеджмента на стадиях планирования, организации и реализации экологических действий и мероприятий, способствуя

оптимизации принимаемых управленческих решений. Существуют активное и пассивное управление рисками, которое формируется на основе отношения к риску.

*Активное управление рисками* предполагает в первую очередь постоянное проведение мероприятий по учету и контролю воздействия рисков, создание стабильно развивающейся динамичной системы риск-менеджмента с использованием современных научных технологий оценки и управления рисками.

Подход к активному управлению рисками основывается также на рациональном использовании всех видов существующих ресурсов (производственных, кадровых, материальных, технических и т. д.). Применительно к материальным ресурсам выделяют три качественно различающихся периода:

- $t_0-t_1$  - когда ресурс имеется в достаточном количестве, есть в запасе, отвечает необходимым требованиям;
- $t_1-t_2$  - критический период, когда ресурс заканчивается;
- $t_2-t_\infty$  - ресурс исчерпан.

Момент  $t_1$  является пороговым временем. Если работа с ресурсами правильно, т. е. заблаговременно, организована, до наступления порогового времени, ресурсы регулярно восстанавливаются, можно утверждать, что контролировать пороговое время можно. До порогового времени необходимо активно управлять риском, повышая надежность самых слабых и опасных элементов системы.

*Пассивное управление рисками* осуществляется в рамках существующей организационной системы предприятия, реализации процессов планирования, проектирования технологических линий, обеспечения материально-техническими и другими видами ресурсов, экономического и финансового анализа и т. д. Как правило, при пассивном управлении рисками выявление, оценка рисков не проводится. В некоторых случаях, например,

когда материальный ресурс уже исчерпан, пассивное управление рисками является наиболее оптимальным и целесообразным.

Таким образом, при наличии резервов и ресурсов, возможностей существования и развития предприятия (организации) необходимым является активное управление рисками или использование его элементов. Роль активного управления рисками состоит в формировании сознательного отношения к риску и в такой организации процесса управления, чтобы проявившийся фактор риска не стал неожиданностью для руководителя и, чтобы не пришлось в спешке принимать необоснованные решения.

Таким образом, управление экологическим риском промышленного предприятия – это балансирование между уровнем возможных потерь и потенциальной выгодой от реализации экологически рискованного хозяйственного решения с помощью применения разнообразных способов воздействия на уровень экологического риска.

При управлении экологическими рисками промышленного предприятия следует учитывать их природу. В этой связи, предприятие выступает в качестве экологического объекта, являющегося специфической социальной группой, а возникающие при его функционировании экологические риски характеризуются как вероятности изменения его устойчивости и/или гибели (банкротства) вследствие изменений в окружающей среде. При этом с точки зрения упрощения задач по анализу и управлению экологическими рисками вероятные изменения устойчивости промышленного предприятия следует рассматривать в качестве первичных по отношению к изменениям в окружающей среде, состоящей:

1. из окружающей природной среды, которой соответствуют природно-экологические риски;
2. окружающей техногенной среды, порождающей технико-экологические риски;

3. эколого-социальной среды, из которой возникают социально-экологические риски.

**Природно-экологические риски**, как правило, не оказывают особого воздействия на промышленное предприятие, поэтому представляется целесообразным их сохранение «без финансирования».

В качестве способов воздействия на уровень **технико-экологических рисков** промышленного предприятия предлагается использовать такие, как:

- уклонение от рисков;
- снижение рисков;
- сохранение (принятие) рисков;
- передача (перенос) рисков.

**Уклонение** от экологических рисков означает отказ от технико-технологических действий и мероприятий, влекущих за собой реализацию неприемлемого уровня рисков.

**Сохранение** экологических рисков на существующем уровне может означать:

- отказ от любых действий, направленных на компенсацию возникающего при реализации рисков ущерба («без финансирования»);
- создание на предприятии специальных резервных фондов (фондов самострахования или фондов риска), из которых будет производиться компенсация убытков при наступлении неблагоприятного экологического события;
- получение государственных дотаций, кредитов и займов для компенсации убытков и восстановления производства.

**Передача** экологических рисков подразумевает сохранение их существующего уровня с переносом полностью или частично на третьих лиц. Сюда относится страхование (имущественное, личное, страхование ответственности), которое подразумевает передачу технико-экологических рисков за опреде-

ленную плату страховой компании, а также разного рода финансовые гарантии и поручительства. Передача экологических рисков может быть осуществлена и путем внесения в текст документов (например, договоров на поставку продукции) специальных оговорок, уменьшающих собственную ответственность предприятия при наступлении непредвиденных неблагоприятных событий или передающих риски контрагенту после реализации экологических рисков. Полная передача экологических рисков может произойти в результате аутсорсинга, означающего, в данном случае, продажу опасных в экологическом плане сфер бизнеса.

Из всех выше перечисленных способов воздействия на уровень технико-экологических рисков определяющую роль играет их **снижение**, которое подразумевает уменьшение либо размеров возможного экологического ущерба, либо вероятности наступления экологических событий. Данный способ базируется на экологизации промышленного производства, связанной с осуществлением превентивной экологической деятельности и организацией экологически чистого производства (в английской транскрипции «*cleaner production*»). Такая деятельность представляет собой логичное завершение многоэтапного процесса преобразований в системе экологических мер: технологии «конца трубы» – малоотходные, ресурсосберегающие технологии – производство, ориентированное на предотвращение образования отходов в местах их возникновения.

В качестве способов воздействия на уровень **социально-экологических рисков** промышленного предприятия выступают:

- сигналинг;
- реализация стратегии улучшения экологического имиджа предприятия;
- создание двух- и многосторонних транзакционных отношений.



Под *сигналингом* понимается поведение предприятия, противоположное оппортунистическому (т. е. преследующему корыстные интересы), которое позволяет убедить заинтересованные стороны в его готовности решать какие-либо экологические проблемы. Примерами сигналинга могут служить так называемые проверяемые самоограничения или обязательства в экологической сфере, долгосрочно связывающие предприятие экологические инвестиции, экологический спонсоринг, условные договоры (например, обязательство переоборудовать транспорт в случае введения в стране более жестких стандартов на выхлопные газы) и т. п. Все эти сигналы должны подтвердить серьезность экологических намерений и действий промышленного предприятия и тем самым повлиять на восприятие обществом экологических рисков, связанных с его деятельностью.

Стратегия *улучшения экологического имиджа* промышленного предприятия включает в качестве одной из возможностей сигналинг, а также различные формы *Public Relations*. Другим средством улучшения экологической репутации предприятия является покупка так называемого экологически приемлемого портфеля, например, приобретение акций фирмы, занимающейся рециклированием или переработкой отходов производства.

*Создание двух- и многосторонних транзакционных отношений* в основном базируется на использовании и формировании адекватных институтов для регулирования взаимоотношений между промышленным предприятием и заинтересованными сторонами и, в особенности, – для регулирования происходящих в рамках этих отношений процессов обмена. Так, посредством заключения трудовых договоров между администрацией и персоналом предприятия можно предусмотреть компенсацию в виде надбавок к заработной плате за воздействие на здоровье неблагоприятных условий труда, а тем самым сократить или ликвидировать неопределенность для предприятия, связанную с возможностью возникновения со стороны рабочих

требований по компенсации ущерба, наносимого их здоровью. Подобным образом функционируют и институты, регулирующие отношения предприятия с ее политико-административной внешней средой. Примером могут служить выдаваемые предприятию лицензии (разрешения) на загрязнение (в определенных пределах) окружающей природной среды.

Аналогичную роль играют ОВОС и экологическая экспертиза проектов. Последняя, включая как государственную, так и общественную оценку проекта и подтверждая целесообразность (с экономической, социальной и экологической сторон) его реализации, также выступает средством регулирования отношений между инвестором и соответствующими заинтересованными сторонами и управления соответствующими рисками.

Эффективным инструментом риск-менеджмента является сертификация систем экологического менеджмента на их соответствие требованиям ISO 14001 (СТБ ИСО 14001) или EMAS.

Наряду с достаточно устоявшимися институтами, позволяющими управлять социально-экологическими рисками, существует весьма многочисленная группа заинтересованных сторон, отношения с которыми не имеют такой степени определенности (например, разного рода неформальные экологические организации, местные общины и т.п.). Для регулирования взаимоотношений с ними надо развивать инновационные институты. Речь в данном случае идет о формировании двусторонних и многосторонних транзакционных отношений. Двусторонние транзакции охватывают договорные отношения между промышленным предприятием и ее разнообразными заинтересованными сторонами. При этом дизайн договоров определяется предприятием и заинтересованными сторонами самостоятельно, вне прямой связи с существующими в обществе формальными институтами (экологическими лицензиями, сертификатами, стандартами и т.п.).

Реализация основных мероприятий, направленных на снижение и предотвращение *эколого-экономических рисков*, связана

с финансовыми затратами, которые могут значительно различаться в зависимости от выбранного метода защиты от рисков.

В связи с многообразием способов воздействия на экологические риски промышленного предприятия требуется анализ их сравнительной эффективности, основными методами которого выступают:

- метод «затраты – выгоды» (другое название - затратно-прибыльный анализ);

- метод «затраты – эффективность» (другое название - анализ эффективности затрат).

В основе метода «затраты - выгоды» лежит сопоставление ожидаемых от реализации мероприятий выгод (результатов) с затратами на их осуществление. Метод «затраты – эффективность» применяется в том случае, если принято решение о целесообразности достижения конкретной цели в области управления экологическими рисками. При этом основной задачей является отбор таких мероприятий (сценариев), которые обеспечивают достижение поставленной цели наименее затратным путем. Анализ экологических рисков промышленного предприятия и способов воздействия на них способствует оптимизации управленческих решений в данной сфере.

Подходы к оценке эффективности предполагаемых вложений:

- анализ эффективности затрат (метод «затраты – эффективность»): выбор наилучшего мероприятия для достижения уровня допустимого риска с учетом стоимости затрат на его осуществление;

- анализ затрат и выгод (другое название - затратно-прибыльный анализ). Применяют при точном определении стоимости ущерба и возможного получения выгод для предприятия от внедрения мероприятий по снижению риска, например снижение выплат по заболеваемости, снижение штрафных санкций.

Варианты снижения риска отбираются с использованием критерия «затраты – выгоды». В качестве результатов мер по снижению риска рассматривается величина предотвращенного риска (разность риска до осуществления планируемых мер и остаточного риска после их реализации).

- сопоставление уровней риска, выраженных в условных единицах. Применяется при невозможности получения стоимостной характеристики.

Фактические значения рисков соотносятся с действующей шкалой, на которой выделяются три основные области:

- чрезмерного риска (существует реальная угроза для жизни и здоровья человека, устойчивости экосистемы);

- приемлемого риска (показатели по рискам не превышают результатов повседневной деятельности предприятия, не оказывают существенного влияния на состояние ОС, здоровье человека, финансовое состояние предприятия);

- нецелесообразного риска (возможны отклонения от нормальной, повседневной ситуации, показатели риска – в зоне между недопустимыми значениями и нормой).

### **4.3 Передача рисков: экологическое страхование**

В сфере коммерческого страхования возможны следующие основные виды экологического страхования:

1. Страхование гражданской ответственности за вред, причиненный экосистемам, а также третьим лицам в результате реализации экологического риска.

2. Страхование договорной ответственности природопользователей. В соответствии ГК договорная ответственность должна быть предусмотрена законодательством.

3. Страхование финансовых рисков в части страхования затрат на восстановление природных объектов или природной среды.

4. Страхование природных объектов.

5. Страхование физических и юридических лиц от катастрофических рисков природного и техногенного характера.

*Цель экологического страхования* – обеспечение страховой гражданской (имущественной) ответственности за ущерб, причиненный физическим или юридическим лицом в результате внезапного, непредвиденного и непреднамеренного загрязнения ОС.

Принципиальная схема экологического страхования включает 4 этапа.

*1 этап. Инвентаризация выбросов предприятий* на территории региона позволяет:

- формировать информационную базу для участников рынка страхования;
- определять задачи и направления деятельности потенциальных страхователей и страховщиков;
- принимать управленческие решения территориальным органам гос. управления;
- формировать на основе выявленных параметров эксплуатации предприятий и осуществляемых им выбросов в ОС декларации экобезопасности;
- классифицировать объекты на территории района, в соответствующем порядке и включить в региональный реестр, что, в свою очередь, дает право;
- составить перечень потенциальных страховых случаев, возникающих при эксплуатации предприятия.

*2 этап. Утверждение владельцевообъектов* (эксплуатирующих организаций) при экостраховании гражданской ответственности за вред, причиненный в результате аварии по вине владельца или вследствие форс-мажорных обстоятельств, позволяет:

- оценивать реальную ситуацию с принадлежностью предприятий определенному собственнику,

- установить ответственность собственников за обеспечение технологического состояния объекта,
- принять необходимые меры для обеспечения экологической и производственной безопасности объекта.

*3 этап. Оценка экологического риска здоровья населения и состояния ОС на основании инвентаризации выбросов:*

1) расчет концентраций нормируемых соединений в приземном слое воздуха на территории района и сопоставление их с принятыми ПДК и заболеваемостью населения;

2) расчет устойчивости наземных и водных экосистем к поступлению загрязняющих соединений с использованием критических нагрузок.

*Тарифные ставки при экологическом страховании устанавливаются в %: от страховой суммы (лимита ответственности); суммы штрафных платежей за предыдущий период, равный периоду действия договора страхования; годового объема производства*

*4 этап. Осуществление процесса экострахования* включает оценку стоимости предприятия, производимой им продукции и величин выбросов в ОС, что дает основу для разработки реалистичной структуры страхового тарифа, а также источника финансирования и гарантий обеспеченности экобезопасности предприятий

Ответственность страховой компании состоит из обязательств возмещения:

- сумм убытков, связанных с ухудшением условий жизни населения и ОС;
- расходов, необходимых для спасения жизни и имущества третьих лиц, которым причинен ущерб;
- расходов по очистке загрязненных объектов ОС и приведению их в состояние, соответствующее принятым нормативам;
- связанных с предварительным расследованием, проведением судебных процессов и другие расходов.



## 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТ

### 5.1 Цели, задачи, критерии и методы риск-менеджмента

Экологический риск-менеджмент - процесс анализа экологических рисков деятельности предприятия (организации) с целью выработки и реализации максимально эффективной программы развития предприятия.

*Риск-менеджмент* – это специфическая система (подсистема) управления, направленная на разработку и реализацию экономически обоснованных для данного предприятия (организации) рекомендаций и мероприятий по уменьшению негативного воздействия рисков. *Риск-менеджмент* представляет собой часть финансового менеджмента, так как воздействие на степень и величину риска осуществляется с помощью приемов финансового менеджмента и особой стратегии.

Основная *цель риск-менеджмента* — снижение опасности принятия ошибочного решения и уменьшение возможных негативных последствий нежелательного развития событий в ходе реализации принятых решений.

Для достижения этой цели должны соблюдаться принципы риск-менеджмента: комплексность, непрерывность и интеграция.

*Принцип комплексности* подразумевает вовлечение всех подразделений компании в процессе выявления и оценки рисков по направлениям деятельности. *Принцип непрерывности* риск-менеджмента заключается в реализации системы постоянного контроля и мониторинга рисков. Условия, в которых работают предприятия, требуют тщательного анализа состояния внешней и внутренней среды предприятия (организации).

Необходимо также соблюдать *принцип интеграции*, т. е. давать взвешенную оценку воздействия на бизнес всего спектра причин и факторов рисков, начиная от возможного снижения



цен на продукцию и заканчивая вероятностью возникновения аварий.

Основная задача экологического риск-менеджмента – идентификация экологических рисков и управление ими.

К числу задач риск-менеджмента можно отнести:

- выбор стратегии управления риском;
- разработку адаптивного к риску режима деятельности предприятия (организации);
- организацию реализации адаптивного режима;
- создание подсистемы управления риском на предприятии;
- разработку методологии оценки и управления рисками;
- контроль реализации адаптивного режима;
- оценку воздействия рисков;
- выбор и реализацию методов управления рисками, направленных на снижение их негативного воздействия.

Управление риском в системе управления предприятием включает стратегию и тактику риск-менеджмента. **Стратегия риск-менеджмента** представляет собой управление риском, основанное на долгосрочном прогнозировании, стратегическом планировании, выработке обоснованной концепции и программы, позволяющих не допускать или уменьшать неблагоприятное воздействие на результаты деятельности и, главное, получать высокий доход.

Стратегия предопределяет тактику, т. е. совокупность методов, приемов, используемых в конкретных условиях среды функционирования предприятия (организации) для достижения поставленных целей, не противоречащих целям долгосрочным.

С точки зрения своевременности принятия решения по предупреждению и минимизации потерь можно выделить три подхода к управлению рисками:

1. **активный подход** означает максимальное использование менеджером средств управления рисками для минимизации их последствий. При этом подходе все хозяйственные операции осуществляются после проведения мероприятий по предупреждению возможных финансовых потерь

2. **адаптивный подход** основан на учете в процессе управления сложившихся условий хозяйствования, а само управление рисками осуществляется в ходе проведения хозяйственных операций. При этом невозможно предотвратить весь ущерб в случае наступления рискованного события, а можно избежать лишь части потерь

3. **консервативный подход** предполагает, что управляющие воздействия на финансовые риски начинаются после наступления рискованного события, когда предприятием уже получен ущерб. В этом случае целью управления является локализация ущерба в рамках какой-либо одной финансовой операции или одного подразделения

Определение целей и задач риск-менеджмента является основой для построения его системы в рамках деятельности предприятия (организации).

Управление рисками – это разработка и обоснование оптимальных программ деятельности, призванных эффективно реализовывать решения в области безопасности. Управление рисками состоит в прогнозе вызывающих риск опасностей, выявлении влияющих факторов и принятии мер по снижению рисков за счет изменения факторов с учетом эффективности принимаемых мер.

Риск – менеджмент имеет свою систему правил и приемов для принятия решения в условиях риска. Основными из них являются:

- нельзя рисковать больше, чем это может позволить собственный капитал;
- надо думать о последствиях риска;

- нельзя рисковать многим ради малого;
- положительное решение принимается лишь при отсутствии сомнения;
- при наличии сомнений принимаются отрицательные решения;
- нельзя думать, что существует только одно решение, возможно, есть и другие.

На рисунке 5.1 представлена схема управления рисками.



Рисунок 5.1 - Схема управления рисками

Различают два типа функций риск-менеджмента: 1) функции объекта управления; 2) функции субъекта управления.

К функции объекта управления относятся такие функции как:

- организация рискованных вложений капитала;
- работа по снижению величины риска;

- процесс страхования рисков;
- организация экономических отношений и связей между субъектами хозяйственного процесса

К функции субъекта управления относятся:

- прогнозирование;
- организация;
- регулирование;
- координация;
- стимулирование;
- контроль

На рисунке 5.2 приведены цели и критерии риск-решения.

Управление рисками на предприятии – это совокупность элементов организационной структуры предприятия, взаимосвязанных функциями управления рисками, обеспечивающих реализацию процедур управления рисками техническим, информационным, кадровым и методическим обеспечением.

Эффективность управления факторами риска промышленного предприятия во многом зависит от того, какие методы используются для реализации намеченных целей. Очевидно, методом управления риском можно считать способ воздействия на источники, факторы экономического риска с целью их минимизации или же нейтрализации.

В реальных ситуациях, в условиях действия разнообразных факторов риска могут использоваться конкретные различные способы снижения уровня риска, воздействующие на те или иные стороны деятельности предприятия. Многообразие применяемых методов управления хозяйственным риском в общем виде можно разделить на четыре типа:

- методы уклонения от риска;
- методы локализации риска;
- методы диссипации риска;
- методы компенсации риска.



Рисунок 5.2 - Цели и критерии риск-решения

В рамках охраны окружающей среды и рационального природопользования к методам риск-менеджмента относятся:

1. **Методы избежания риска:** регулирование поведения объекта за счет изменения характера его функционирования, уклонения от ситуаций, в которых высока возможность понесения ущерба (переселение людей с загрязненной территории, завоз питьевой воды при загрязнении водных источников потребления, смена маршрута транспортировки экологически опасного груза, перенос предприятия в зону с меньшей сейсмической активностью и т.п.)

2. **Методы, снижающие вероятность проявления неблагоприятного события:** изменение условий функционирования объекта, без изменения его характера (замена технологии производства на менее опасную или экологически безопасную, повышение квалификации персонала с целью уменьшения вероятности аварии и т.п.)

3. **Методы, уменьшающие ущерб от неблагоприятного события:** усиление степени защищенности объекта (строительство дамб, плотин, сейсмически устойчивых зданий и сооружений, использование антикоррозионного покрытия для оборудования и др.)

4. **Передача риска:** обычно осуществляется в виде страхования собственных возможных убытков от неблагоприятных событий или ответственности перед третьими лицами за причиненный им ущерб, вследствие аварии на производстве или каких-либо других действий, повлекших ухудшение качества ОС и связанные с ним потери у других объектов. Вопросами страхования убытков и потерь, обусловленных ухудшением качества ОС и изменениями (ухудшениями) условий природопользования занимается *экологическое страхование и страхование в сфере природопользования*;

5. **Компенсация ущерба,** обусловленного ухудшением качества ОС, предполагает возмещение потерь третьей стороне,

если это ухудшение произошло по вине рассматриваемого объекта (в том числе и затраты на ликвидацию последствий).

Наиболее эффективно систему риск-менеджмента можно реализовать путем выделения в системе управления предприятием конкретной организационной единицы. В качестве организационной единицы не обязательно должно выступать отдельное структурное подразделение. Эту роль может выполнять отдельный сотрудник (менеджер по управлению рисками, риск-менеджер – специалист в области управления рисками) или специализированная консультационная фирма.

Управление рисками должно осуществлять руководство предприятия. При постепенном росте компании функции по управлению рисками осуществляются отдельной структурной единицей (службой, отделом, управлением).

Снижение негативных последствий воздействия риска потребует достаточно высоких затрат на исследование риска и принятие превентивных мер защиты от риска, т. е. на организацию системы риск-менеджмента на предприятии. Поэтому не каждое предприятие (организация) может внедрить систему риск-менеджмента в том или ином объеме. Кроме того, внедрение такой системы не всегда необходимо. Во многих случаях достаточно услуг специализированных консультационных фирм или сотрудника предприятия (риск-менеджера).

***К основным свойствам системы управления риском относятся***

1. *Системный характер управления риском.* Это свойство очень важно, так как подразумевает комплексное рассмотрение совокупности всех рисков как единого целого, с учетом всех взаимосвязей и возможных последствий. Кроме получения общей картины, это позволяет учесть не только воздействие инструментов управления риском на тот риск, для борьбы с которым они предназначены, но и их влияние (положительное или отрицательное) на другие риски в зависимости от их места и связей внутри системы, а также появления новых рисков. Такое

исследование предполагает рассмотрение таких аспектов управления риском, как:

- целостность;
- комплексность;
- способность системы к интеграции новых элементов.

2. *Сложная структура системы управления риском.* Данное свойство подразумевает не только необходимость одновременного анализа большого числа рисков разной природы, т.е. значительную неоднородность совокупности рисков, но и особенности взаимозависимости между рисками, а также возможность ее использования для решения проблем разного уровня. Кроме того, это свойство предполагает изучение характера степени влияния большого числа факторов на развитие рискованной ситуации и возникновения неблагоприятных последствий. При таком исследовании необходимо учитывать следующие аспекты системы управления риском:

- многофункциональность и универсальность;
- модульность;
- многоуровневость.

3. *Высокая результативность системы управления риском.* Это свойство отражает способность исследуемой совокупности мероприятий к снижению возможности возникновения неблагоприятных событий и к преодолению их последствий. Указанная система, очевидно, должна оперативно реагировать на изменение условий, т.е. должна обладать развитыми контурами обратной связи, а кроме того, генерировать и воплощать в жизнь действенные решения, ориентированные на достаточно быстрое достижение искомого результата. Для обеспечения подобных требований предполагается соответствие системы управления риском таким аспектам, как:

- гибкость и адаптивность;
- адекватность;
- эффективность.



Таким образом, можно выделить два основных подхода к организации риск-менеджмента предприятия. Первый — концентрированная модель: все концентрируется в рамках одного структурного подразделения — анализ, оценка и менеджмент юридических, экономических, производственных рисков и т.д. Второй — распределенная модель, в рамках которой существует небольшое подразделение мониторинга рисков, а функции по управлению рисками передаются в другие отделы. Служба мониторинга рисков разрабатывает корпоративную методику управления рисками, осуществляет мониторинг рисков компании и передает функции по оперативному управлению рисками подразделениям компании, которые на основе разработанной концепции изучают и минимизируют риски, характерные для своего направления деятельности. Данный подход позволяет избежать дублирования функций в рамках компании.

## **5.2 Планирование деятельности по оценке и управлению рисками**

Для решения задачи о воздействиях производственной деятельности организации на окружающую среду разработан ряд подходов на основе экологической оценки риска, которую применяют в случаях, когда невозможно дать однозначный ответ о воздействиях загрязнения на здоровье человека и состояние окружающей среды. Однако поскольку вредное воздействие проявляется практически всегда и варьирует лишь степень нанесения ущерба, то требуемый ответ должен содержать в себе оценку именно вероятности проявления экологического риска.

На первой стадии – постановка задачи – формулируются цель оценки, задачи и определяется схема последующего анализа и характеристики риска. На этом этапе производится обобщение всей доступной информации, касающейся конкретной экосистемы (или ландшафта), источников загрязнений и их природы.

Планирование деятельности по управлению рисками на предприятии должно основываться на следующих принципах:

- менеджмент рисков направлен на создание и защиту ценностей;
- менеджмент рисков представляет неотъемлемую часть всех организационных процессов;
- менеджмент рисков является частью принятия решений;
- менеджмент рисков направлен на достижение устойчивости;
- менеджмент рисков проводится системно, структурировано и превентивно;
- менеджмент рисков основывается на надежной информации;
- менеджмент рисков должен соответствовать контексту;
- в управлении ресурсами и факторами необходимо учитывать риск;
- управление рисками должно быть прозрачным;
- управление рисками должно быть динамичным, постоянным и реагировать на все изменения;
- управление рисками обеспечивает постоянное развитие организации.

Планирование деятельности по оценке и управлению рисками состоит из:

1. идентификация рисков;
2. оценка вероятности неблагоприятных событий (возникновения нарушений);
3. определение возможных последствий;
4. определение методики перевода возможных последствий (ущербов) в стоимостное выражение;
5. оценка возможных последствий в стоимостном выражении и их ранжирование;
6. определение мер по снижению и предотвращению ущерба от идентифицированных рисков;

7. оценка эффективности необходимых вложений для снижения и предотвращения рисков;

8. принятие решения о внедрении конкретных мер по управлению рисками.

На рисунке 5.3 представлена общая схема процесса управления риском, на рисунке 5.4 - стадии управления рисками, на рисунке 5.5 - алгоритм оценки ущерба и риска.

Эффективность процесса управления рисками достигается при выполнении следующего условия:

Затраты на мероприятия по управлению рисками

<

Величина сокращаемого при выполнении мероприятий воздействия

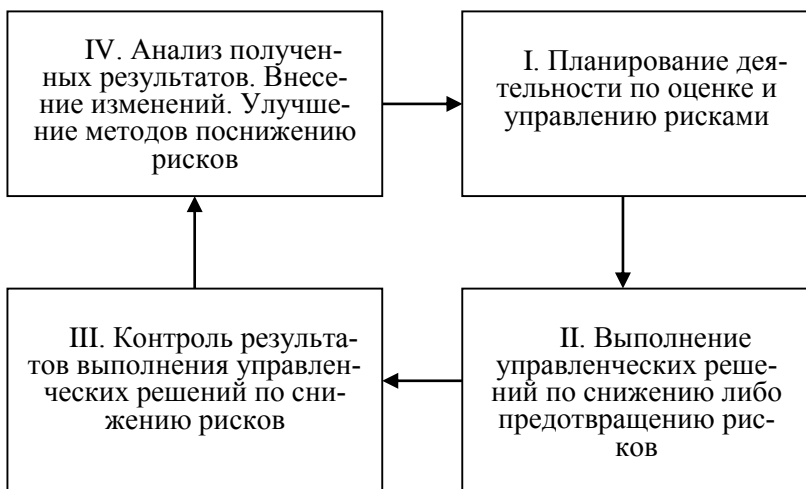


Рисунок 5.3 - Общая схема процесса управления риском

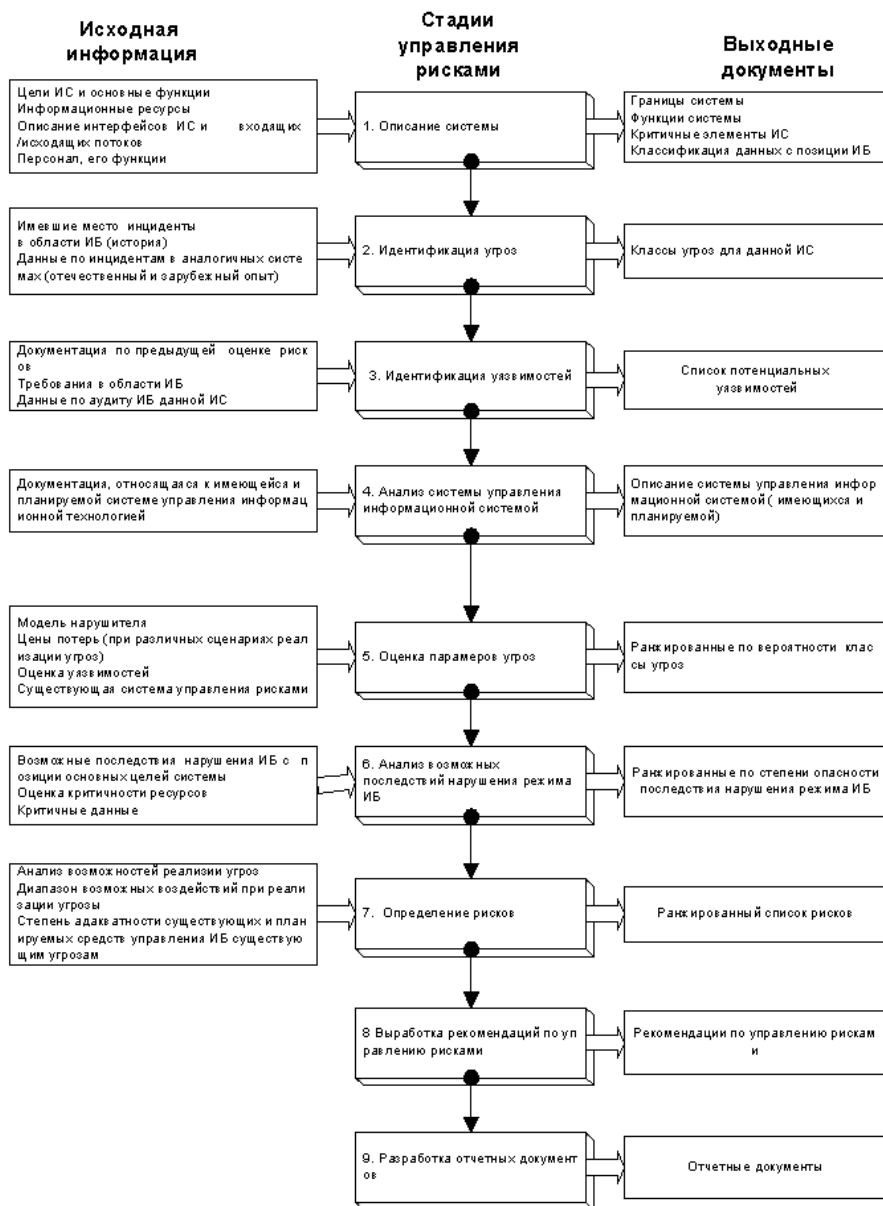


Рисунок 5.4 - Стадии управления рисками

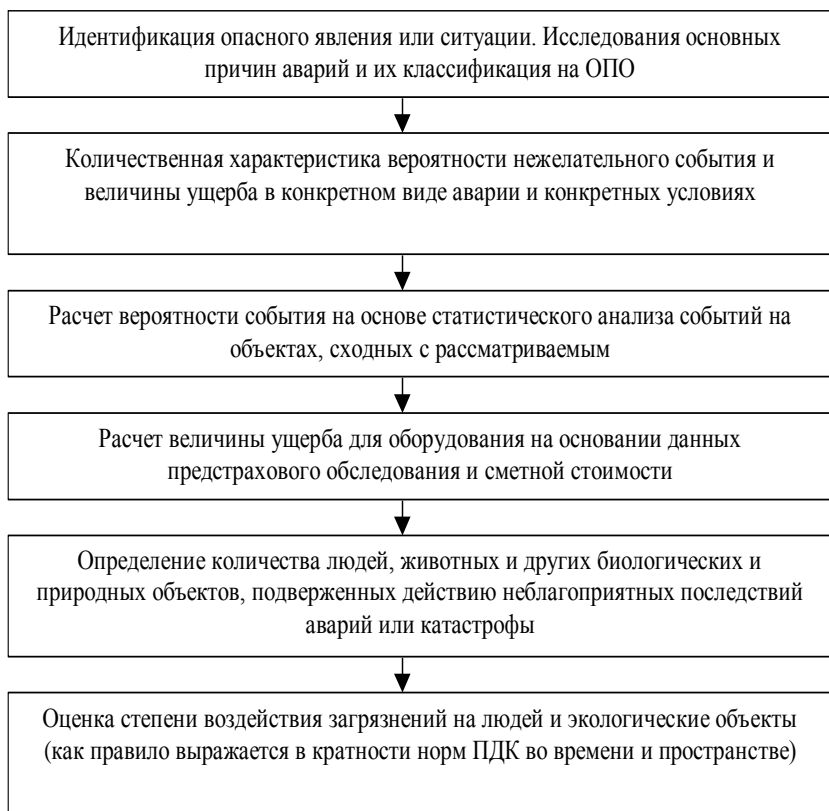


Рисунок 5.5 - Алгоритм оценки ущерба и риска

Согласно международным стандартам, риск-менеджмент должен быть интегрирован в общую культуру организации, принят и одобрен руководством, а затем донесен до каждого сотрудника организации как общая программа развития с постановкой конкретных задач на местах. Отметим, что аналогичные требования предъявляются и при создании корпоративных систем экологического менеджмента, а также интегрированных систем менеджмента в сфере охраны труда, промышленной и экологической безопасности.

На рисунке 5.6 представлена общая схема процесса риск-менеджмента.



Рисунок 5.6- Общая схема процесса риск-менеджмента.

***Основными функциями риск-менеджера являются:***

- разработка общей программы управления рисками и общих положений стратегии организации в вопросах управления рисками;
- реализация программы управления рисками на стратегическом и операционном уровне;
- работа по повышению уровня осведомленности по вопросам управления рисками среди работников организации;

- разработка внутренней системы управления рисками и организационной структуры;
- мониторинг эффективности реализации программы управления рисками и внесение ответствующих изменений;
- координация взаимодействия различных структурных подразделений организации;
- разработка программ снижения внеплановых потерь и мероприятий по поддержанию непрерывности бизнес процессов;
- подготовка отчетов для Совета Директоров и внешних контрагентов.

Риск-менеджмент как система управления рисками защищает организацию и способствует ее капитализации посредством:

- системного подхода, позволяющего планировать и осуществлять долгосрочную деятельность организации (так, выделение экологических аспектов необходимо для формулирования экологической политики организации, которая будет реализовываться устранением выявленных проблемных моментов и минимизацией соответствующих рисков в сфере ООС);
- улучшения процесса принятия решений и стратегического планирования за счет того, что формируется понимание бизнес процессов, происходящих в ОС изменений, потенциальных возможностей и угроз для организации;
- вклада в процесс наиболее эффективного использования/ размещения капитала и ресурсов организации (например, эффективность размещения и использования ресурсов определяется, в том числе, и экологическими факторами);
- снижения степени неопределенности второстепенных аспектов деятельности организации.

В частности, процедуры выявления экологических аспектов деятельности предприятий предполагают идентификацию множества в разной степени значимых проблем функционирования

объекта. В последующем эти «проблемные моменты» должны быть ранжированы, и из их числа выявляются наиболее значимые.

Сама процедура оценки значимости проблемы предполагает, что степень неизвестности аспекта будет снижена, поскольку проблему изучат;

- защиты имущественных интересов организации и улучшение имиджа компании – эти задачи решаются, в частности, в ходе процедуры сертификации компании: очевидно, что наличие сертификата соответствия улучшает имидж компании;
- повышение квалификации сотрудников и создание организационной базы «знаний»;
- оптимизации бизнес процессов.

### 5.3 Этапы риск-менеджмента

Этапы управления риском представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Этапы управления риском

Стадии	Процедуры	Операции
Анализ безопасности риска	1. Идентификация источников опасности	1. Нормативная документация (декларация безопасности, паспорт риска, паспорт безопасности и др.) 2. Требования законодательных актов и др. требований 3. Данные экологического мониторинга
	2. Моделирование процессов возможного воздействия	1. Модели линейной динамики (модель тепловых структур, модель жесткой турбулентности и т.д.). 2. Комплексы программных средств (КПС) для прогнозирования последствий аварий (программа «Облако» – прогнозирование масштабов загрязнения ОС СДЯВ; про-



		<p>грамма прогнозирования последствий аварий (ППА) выбросов СДЯВ в газо-, парообразном и аэрозольном состоянии;</p> <p>КПС для расчета возможным зон поражения при авариях на химически опасных объектах и нанесения зон на план местности на основе методики оценки последствий химических аварий (ТОКСИ);</p> <p>КПС для прогнозирования последствий аварий и идентификации аварийных источников загрязнения атмосферного воздуха; программные средства для оценки последствий ЧС в результате аварий на химически опасных объектах; прогнозирования последствий возможных аварий на АЭС; для решения экологических проблем административных территорий (автоматизированные рабочие места);</p>
Оценка риска	Сравнение расчетных или фактических уровней риска с приемлемым уровнем риска	<p>КПС для оценки риска:</p> <p>1) ПК RISK· ASSISTANT – оценка рисков для здоровья, связанных с присутствием химических соединений в окружающей среде;</p> <p>2) КПС - информационная система для управления рисками с потенциально опасными веществами;</p> <p>- КПС для анализа производственных опасностей, оценки риска и управления безопасностью химических производств;</p> <p>3) оценка риска поражения населения при возможных авариях и хронических заболеваниях из-за загрязнения окружающей среды</p>
Принятие управленческих решений	Подготовка решения	Определение перечня альтернатив
	Формирование решения	1. Оценка вероятности реализации альтернативных вариантов решения.

	<p>2. Описание преимуществ и недостатков альтернативных вариантов решения. Выбор единственного альтернатива с использованием формализованных (детерминантных и недетерминантных) методов, и неформализованных (эвристических) методов:</p> <p>2.1) детерминантные:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- прямые</li><li>- линейные</li><li>- нелинейные</li></ul> <p>2.2) недетерминантные:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- стохастические (вероятностные)</li><li>- экспериментальных оценок</li></ul> <p>2.3) эвристические:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- мозговой штурм</li></ul>
--	---

## 6. ПОРЯДОК ПРОЦЕДУРЫ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ

### 6.1 Источники экологических рисков: хронические; аварийные; накопленное загрязнение.

Источники экологических рисков классифицируются на:

1. хронические;
2. аварийные;
3. накопленное загрязнение.

1. *Хронические (постоянно действующие)* источники образуют загрязнение непрерывно в результате

– регламентированной деятельности промышленных установок

– объектов, выделяющих загрязняющие вещества в пределах, обусловленных их техническими характеристиками.

Например, допускается выброс загрязняющих веществ автомобилями, дымовыми трубами электростанций и котельных, потери нефти при транспортировке и перевалке и т.д. Без их образования невозможна сама деятельность данных объектов.

Задача управления этими источниками состоит в том, чтобы:

- установить их,
- оценить вклад в загрязнение окружающей среды,
- составить план по снижению загрязнения и добиваться его реализации.

*Хронические источники загрязнения* делятся на *стационарные* и *передвижные*.

К **стационарным** относятся заводы, фабрики, производственные цеха, поля, фермы, котельные и иные объекты, расположенные на определенной территории.

Привязка этих объектов к земельному участку позволяет применить стандартные методы контроля состояния окружающей

среды, такие как *анализы воздуха, воды, почв, донных отложений в зоне распространения загрязнения*.

*Передвижные источники* хронического загрязнения значительно труднее поддаются учету и контролю. К ним относятся транспортные средства, такие как автомобили, локомотивы, самолеты и др.

**2. Аварийное загрязнение** включает:

- внезапные выбросы,
- сбросы загрязняющих веществ,
- нарушения земель, связанные с взрывами, пожарами, разливами и осаждениями загрязняющие ингредиентов в результате аварий.

При аварийном загрязнении не исключена опасность здоровью и жизни проживающим вблизи опасного объекта людям. Крупные аварии приводят к чрезвычайным ситуациям и к их ликвидации привлекаются силы различных ведомств, в первую очередь, Министерства по чрезвычайным ситуациям. Для лиц, виновных в таких авариях, предусмотрена не только административная, но и уголовная ответственность.

**3. Накопленное загрязнение.** К нему относится загрязнение, образовавшееся в предыдущие годы, не устраненное и представляющее большую опасность сейчас и в будущем.

К нему относятся:

- открытые свалки бытовых и токсичных отходов;
- свалки смешанных отходов неизвестного состава;
- загрязненные почвы от хронических стоков предприятий;
- загрязненные грунтовые и подземные воды.

Несанкционированные, а, следовательно, не оборудованные должным образом свалки бытовых отходов во множестве образуются вокруг небольших поселков, дачных кооперативов, гаражей и других интенсивно используемых населением мест.

Среди бытовых отходов, помимо инертных материалов, могут находиться и весьма опасные вещества: ртуть, свинец и другие тяжелые металлы, отработанные моторные масла, органические соединения, угрожающие опасностью распространения заболеваний и пр.

Очень часто про них «забывают» и накопление отходов продолжается в другом месте.

## **6.2 Идентификация (обнаружение) экологических рисков**

Порядок идентификация (обнаружение) экологических рисков заимствован из Британского Стандарта экологического менеджмента BS 7750, введенного в 1992 г. и ставшего основой для разработки системы Европейских стандартов EMAS.

Основной целью *идентификации и анализа* рисков является формирование у лиц, принимающих решения, целостной картины рисков, угрожающих бизнесу фирмы, жизни и здоровью ее сотрудников, имущественным интересам владельцев/акционеров, обязательствам, возникающим в процессе взаимоотношений с клиентами и другими контрагентами, правам третьих лиц т.п. Идентификация и анализ рисков предполагает проведение качественного, а затем и количественного изучения рисков, с которыми сталкивается организация. Фактически на данном этапе обеспечивается информационная основа для всей процедуры менеджмента риска.

Основой работы по идентификации и управлению экологическими рисками является создание надежной и постоянно пополняемой информационной базы, которая состоит из:

1. Перечня экологических эффектов;
2. Перечня источников экологических рисков;
3. Определения опасности экологических рисков;
4. Определения ранга экологических рисков.

**Перечень экологических эффектов** состоит из характеристики поражающих факторов загрязняющих веществ, используемых или выбрасываемых предприятием в окружающую среду.

Наиболее важной характеристикой являются:

- класс опасности загрязнителя,
- возможность его кумуляции в природных средах: почве, воде, донных отложениях.

Сведения о классах опасности и отнесении к ним того или иного загрязнителя содержатся в «классификаторе отходов», иных нормативных документах и литературных источниках.

### **6.3 Основные действия по управлению экологическими рисками**

Оптимальным решением по управлению экологическими рисками является создание системы экологического мониторинга (слежения), состоящей из системы постов и точек отбора проб, позволяющей с высокой точностью оценивать уровень экологической опасности и вклад в него отдельных предприятий-загрязнителей.

Согласно законодательным нормам предприятия-загрязнители обязаны предоставлять органам экологического управления:

- отчетность по сбросам и выбросам ингредиентов,
- согласовывать их объемы (ПДВ и ПДС),
- состав,
- объемы
- места захоронения твердых отходов, не поддающихся утилизации.

Для полной характеристики предприятия обязаны составлять экологический паспорт, где дается полный перечень хронических загрязнителей.

Для передвижных источников загрязнения необходимо установить, как отрегулирован двигатель конкретного транспортного средства и какой он наносит ущерб окружающей среде часто невозможно.

Для учета хронического загрязнения окружающей среды обычно применяют расчетный метод.

Для борьбы с *хроническим загрязнением* предусмотрена следующая последовательность действий:

- планирование на основе учета источников загрязнения;
- разработка планов и операций по уменьшению хронического загрязнения;
- разработка мер по утилизации и безопасному хранению отходов.

Планирование должно исходить из целевой задачи, определенной для предприятия или региона: *снижение роста загрязнения, его стабилизация или снижение уровня до количественно обозначенных пределов.*

Планирование является важнейшей функцией управления, поскольку без разработки плана невозможен управленческий контроль.

При планировании должны быть учтены следующие меры. **необходимо:**

1. Изучить природные экосистемы, их устойчивость к различным внешним воздействиям;
2. Усилить внимание районам со сложной экологической ситуацией (высокорисковым зонам), уменьшить площадь этих районов;
3. Сохранить ненарушенными эталонных участков как основы для самовоспроизводства экосистем и восстановления нарушенных экосистем после снятия антропогенной нагрузки;
4. Обеспечить экологический мониторинг;
5. Требовать от предприятий улучшения обслуживания оборудования;

6. Требовать улучшения обучения персонала (включая экологическое);

7. Поставить организациям задачи по экологии;

8. Установить контроль (инспекции) и его периодичность;

9. Создать стимулы для инициатив в области экологии.

После того, как целевая функция определена и план сформирован, до загрязнителей доводятся плановые нормативы ПДВ, ПДС и ПДН, а также требуется план конкретных мер по переходу на них.

*Для энергетических установок обычно предусматривается следующая последовательность операций:*

1. Перевод на более экологичное топливо (с угля на мазут, с мазута на природный газ);

2. Замена оборудования на более производительное и экологичное;

3. Увеличение высоты дымовых труб;

4. Установка фильтров в дымовых трубах.

*Для промышленных предприятий, например, химические предприятия:*

1. Строительство очистных сооружений механической и биологической очистки стоков;

2. Переход на оборотную систему водоснабжения;

3. Замена установок периодического, на установки постоянного действия (отсутствие продувочных газов);

4. Замена технологий с использованием более опасных веществ на технологии, использующие менее опасные соединения;

5. Рекуперация паров применяемых реагентов;

6. Утилизация отходов;

7. Переход на малоотходные и безотходные технологии.

*Для аграрных предприятий:*

1. Вынос животноводческих, производственных и складских объектов из водоохранных зон водоёмов и водотоков;



2. Применение почвозащитных технологий в растениеводстве, сокращающих смыв поверхностного слоя, восстановление лесозащитных полос вдоль рек;

3. Применение менее опасных для людей средств защиты растений, более эффективное использование минеральных удобрений и пр.

Многие из этих мер решаются значительно быстрее и эффективнее при наличии стремления предприятий-загрязнителей к экологически эффективному проведению работ.

Стремление это проявляется через комплекс инициатив, такой как добровольный переход на системы экологического менеджмента. В этом случае система поддерживается через периодическое проведение независимого экологического аудита, а потребность в контроле со стороны государственных органов сокращается.

Для *управления аварийными рисками* большое значение имеет частота (редкость) аварий.

Частота может быть определена как количество возможных случаев в месяц, в 100 дней, в год, в 10 лет, к гарантийному периоду завода-изготовителя, т.е. к определенному временному периоду.

Информация о вероятности аварий содержится в технических характеристиках используемых материалов и оборудования, а также оценивается статистически или экспертно. Увеличение частоты говорит о неправильной эксплуатации, износе или о несвоевременной замене оборудования.

Обычно заводы-изготовители определяют гарантийные сроки безаварийной эксплуатации, после чего оборудование требует замены. Эти сроки могут быть продлены после инспекции или капитального ремонта. Невыполнение этих работ свидетельствует о халатности руководителей и государственные проверки должны обязывать их выполнять эти обязанности.

Последствия аварий могут быть классифицированы:

- по протяженности во времени

– по распространению по площади.

*По времени* могут быть выделены следующие аварии:

- долгосрочные (более 5 лет);
- среднесрочные (1-5 лет);
- краткосрочные (до 1 года) повреждения.

*По площади* можно выделить аварии, последствия которой распространились на:

- большую (с радиусом более 5 м);
- среднюю (1-5 м);
- малую площадь (менее 1 км, фактически только на участок размещения установки).

Эти характеристики важны для оценки ущерба третьим лицам, как юридическим, так и физическим.

*Особо опасными объектами* считаются атомные электростанции, химические и нефтехимические предприятия, магистральные трубопроводы, нефтеналивные суда и др.

Эти объекты должны быть взяты под особый контроль, поскольку аварии на них обычно принимают катастрофический характер.

***Деятельность эколога по управлению аварийными рисками включает:***

1. Определение возможных мест и источников аварийных выбросов и сбросов;
2. Определение токсичности возможного загрязнения и поражающих свойств его в целом;
3. Определение вида загрязнителя и возможности его распространения (твердый, жидкий, газообразный, радиоактивный и т.д.);
4. Определение вторичного, третичного и т.д. загрязнения в результате физических, химических и биологических реакций в среде (каскадный эффект).

## 6.4 Определение индекса экологического риска.

Собранная необходимая информация включает:

- об источниках экологических рисков,
- о планах по их снижению
- о планах по их полному устранению

систематизируется в Географической информационной системе (ГИС) в виде *баз данных*, на основе которых реализуется модель, позволяющая объективно оценить реальную экологическую опасность и возможность управления ею.

*Индекс экологического риска можно определить как интегральный риск*, взятый за определенный период времени и исследованный на предмет изменения в сторону понижения, повышения и управляемости. На основе его значений делается вывод об экологической ситуации в регионе (на предприятии) и возможных путях её развития.

Приближение экологической ситуации к крайним значениям, например, к катастрофической, может повлечь такие меры, как:

- запрет расширения действующих предприятий,
- запрет строительства новых предприятий,
- вынос особо опасных предприятий за пределы данного региона и пр.

– о привлечении для исправления ситуации государственных средств (при большом накопленном загрязнении в старо-промышленных районах).

*Управленческие решения могут быть разнообразны, но в любом случае они должны опираться на надежную информационную базу.*

## 7. МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

### 7.1 Критерии безопасности

**Безопасность** – состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации не превышает максимально допустимых значений.

**Безопасность** – состояние действительности, при котором с определенной вероятностью исключено проявление опасности, т.е. состояние защищённости отдельных лиц, общества и природной среды от чрезмерной опасности.

В качестве единиц измерения безопасности предлагается использовать показатели, характеризующие

- состояние техносферы,
- здоровья человека
- состояние (качество) окружающей среды.

Соответственно, целью процесса обеспечения безопасности является достижение максимально благоприятных показателей производственной среды, здоровья человека и высокого качества окружающей среды.

Взаимодействие человека со средой обитания может быть **позитивным или негативным**, их характер взаимодействия определяют **потоки веществ, энергий и информации**. В условиях техносферы негативные воздействия обусловлены элементами техносферы (машины, сооружения и т.п.) и действиями человека. Изменяя величину любого потока массы, энергии, информации, действий человека от минимально значимой до максимально возможной, можно пройти ряд характерных состояний взаимодействия в системе «человек - среда обитания»:

- *комфортное (оптимальное)*, когда потоки соответствуют оптимальным условиям взаимодействия;
- *допустимое*, когда потоки, воздействуя на человека и среду обитания, не оказывают негативного влияния на здоровье,

но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека;

– *опасное*, когда потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая при длительном воздействии заболевания, и (или) приводят к деградации природной среды;

– *чрезвычайно опасное*, когда потоки высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в природной среде.

*Критерии безопасности техносферы* - ограничения, вводимые на концентрации веществ и потоки энергий в жизненном пространстве.

Концентрации веществ регламентируют, исходя из предельно допустимых значений концентраций этих веществ в жизненном пространстве:

$$C_i < \text{ПДК}_i \text{ или } \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} < 1$$

где

$C_i$  – концентрация  $i$ -го вещества в жизненном пространстве;

$\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества;

$n$  - число веществ.

Для потоков энергии допустимые значения устанавливаются соотношениями:

$$I_i < \text{ПДУ}_i \text{ или } \sum_{i=1}^n I_i < \text{ПДУ}_i$$

где  $I_i$  – интенсивность  $i$ -го потока энергии;

$\text{ПДУ}_i$  – предельно допустимая интенсивность  $i$ -го потока энергии.

Конкретные значения **ПДК** и **ПДУ** устанавливаются нормативными актами Государственной системы санитарно-эпидемиологического нормирования.

Для оценки загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах регламентированы класс опасности и допустимые концентрации загрязняющих веществ. При одновременном присутствии в атмосферном воздухе нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, их концентрации должны удовлетворять условию:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} < 1$$

Предельно допустимые выбросы (сбросы) и предельно допустимые излучения энергии источниками загрязнения среды обитания являются одновременно критериями экологичности источника воздействия на среду обитания.

Соблюдение этих критериев гарантирует реализацию условий безопасности жизненного пространства.

## **7.2 Методологические подходы к оценке промышленной безопасности**

До последнего времени анализ безопасности проводился на основе **методологии абсолютной безопасности**, предполагающей, что *все расчеты должны проводиться на основе наиболее неблагоприятных сочетаний нагрузок, внешних воздействий и т.п. детерминистическими методами.*

В рамках такого подхода считалось, что наличие запаса прочности, гарантирует безопасность объекта. При этом игнорировалось маловероятное, но возможное сочетание неблагоприятных факторов, которое могло привести к аварии.

Техногенные катастрофы показали, что **концепция абсолютной безопасности неадекватна вероятностной природе аварий**, порождаемых как раз маловероятным фактором.

Можно ожидать, что по мере увеличения срока эксплуатации сложных объектов уже нельзя пренебрегать развитием аварийных ситуаций, ассоциируемых с частотой возникновения в  $10^{-3}$  -  $10^{-4}$  год<sup>-1</sup>, т.к. в силу *вероятностного закона больших чисел*, наступление нежелательного события (аварии) для таких систем становится вполне вероятным.

Это обстоятельство привело к смене *концепции абсолютной безопасности на современную методологию приемлемого риска*.

Участившиеся аварии стимулировали развитие вероятностных методов анализа безопасности.

Существуют два подхода к нормированию в области обеспечения экологической и промышленной безопасности:

- детерминированный;
- вероятностный.

*Детерминированный подход* основан на определенной количественной дифференциации и распределении чрезвычайных ситуаций, производственных объектов, технологических процессов, зданий и сооружений, производственного оборудования по степени опасности на категории, классы и т.п., определяемых по параметру, характеризующему:

- потенциальную энергию взрыва;
- опасные характеристики и параметры производственных процессов;
- количество пораженных и пострадавших;
- разрушающие последствия пожара и взрыва.

При этом назначаются конкретные количественные границы этих категорий, классов и т.п.

Примерами действующих нормативных документов, носящих детерминированный характер, являются нормы пожарной безопасности (НПБ), правила устройства электроустановок (ПУЭ), общие правила взрывобезопасности для взрывопожаро-

опасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ), строительные нормы и правила (СНиП) и др.

**Вероятностный подход** основан на концепции допустимого риска с расчетом вероятности достижения определенного уровня безопасности и предусматривает недопущение воздействия на людей опасных факторов производственной среды с вероятностью, превышающей нормативную. Нормативными документами, основанными на вероятностном подходе, являются стандарты ГОСТ («Взрывобезопасность. Общие требования», «Пожарная безопасность. Общие требования») и санитарные правила (СП) и Нормы радиационной безопасности» (НРБ).

**Вероятностный подход** является более прогрессивным и совершенным, поскольку дает возможность нахождения оптимального варианта проектного решения.

Он основан на количественной зависимости между:

- опасными производственными факторами;
- приносимым материальным ущербом;
- вероятностью реализации опасных факторов с учетом защитных мер.

С помощью вероятностных методов можно находить оптимальные технические решения для конкретных объектов. Однако этот подход более сложен и требует многочисленных дополнительных сведений (например, статистических данных о пожарах и взрывах для однотипных объектов, сведений о надежности оборудования и систем), которые, как правило, отсутствуют.

Главным затруднением в использовании этого подхода является необходимость учета человеческого фактора и надежности системы «человек-машина».

Рассмотрим использование **вероятностного подхода** на примере возникновения взрывоопасной ситуации. Поскольку



взрыв может быть при одновременном существовании по крайней мере двух независимых факторов: *появления горючей смеси и иницирующего фактора*. Вероятность взрыва может быть представлена как произведение вероятностей:

$$Q(t) = Q_1(t) \cdot Q_2(t)$$

где  $Q_1(t)$  – вероятность появления взрывоопасной смеси, 1/год;

$Q_2(t)$  – вероятность иницирования взрыва, 1/год.

В свою очередь, вероятности  $Q_1(t)$  и  $Q_2(t)$  могут быть представлены произведениями вероятностей появления горючего и окислителя  $Q_{1i}$  характеристик иницирующего фактора  $Q_2$ . Если взрыв возможен без наличия какого-либо фактора, то его величина принимается равной 1.

Нормативные документы разрешают проводить эти расчеты по упрощенным зависимостям. На стадии проектирования предполагается экспоненциальное распределение и вероятность события определяют по теоретической формуле:

$$Q_i(t) = 1 - \exp(-\lambda_i t),$$

где  $\lambda_i$  – интенсивность событий, 1/год.

В действующих установках вероятность аналогичного события находят по зависимости

$$Q_i(t) = \frac{K_{\delta}}{t_p} \sum_{j=1}^n t_j$$

где  $t_j$  – время существования причины события, час;

$n$  – количество реализации;

$t_p$  – время работы, час;

$K_{\delta}$  – коэффициент безопасности, (при  $n=1$ ,  $K_{\delta}=1$ ).

Обеспечив нормированную вероятность отсутствия взрыва, можем считать технологическую установку (объект) взрывозащищенной.

Однако вероятностные расчеты провести не всегда представляется возможным из-за отсутствия достоверных статистических данных.

**Детерминированный метод** расчета предполагает сравнение каких-либо параметров с заранее заданными.

Принимая в расчетах худшие варианты событий, приводящие к аварийной ситуации, указывают конкретные условия расчетов и возможные допущения, что оправдывает сравнимость результатов.

**К достоинствам детерминированного подхода относятся:**

- достаточный для различных реальных ситуаций набор необходимых сведений;
- сравнительная простота использования методов категорирования;
- высокая степень завершенности элементов этих методов и однозначность решения задач категорирования;
- выбор мероприятий защиты, регламентированных нормами применительно к установленным категориям.

**Недостатками этого подхода являются:**

- ограниченная возможность варьирования при определении категорий;
- нередко его применение обуславливает затруднения по применению прогрессивных проектных решений;
- излишние затраты на реализацию этих решений.

Основными нормативными документами для таких расчетов являются межотраслевые нормы и правила.

### **7.3 Методология абсолютной безопасности приемлемого риска. Критерии приемлемого риска**

Концепция абсолютной безопасности до недавнего времени была фундаментом, на котором строились нормативы безопасности во всем мире. Для предотвращения аварий внедрялись дополнительные технические устройства – инженерные системы безопасности, принимались организационные меры, обеспечивающие высокий уровень дисциплины, строгий регламент работы. Считалось, что такой инженерный, детерминистский подход позволяет исключить любую опасность для населения и окружающей среды.

До последнего десятилетия этот подход был оправдан. Однако сегодня из-за беспрецедентного усложнения производств и появления принципиально новых технологий, возросшей сети транспортных и энергетических коммуникаций, концепция абсолютной безопасности стала неадекватна внутренним законам техносферы и биосферы.

Любая деятельность человека, направленная на создание материальных благ, сопровождается использованием энергии, взаимодействием его со сложными техническими системами, а состояние его защиты и окружающей среды оценивается не показателями, характеризующими состояние здоровья и качество окружающей среды, а надежностью и эффективностью технических систем безопасности, и, следовательно, носит чисто отраслевой, инженерный характер. К тому же ресурсы любого общества ограничены.

Если продолжать вкладывать все больше и больше средств в технические системы предотвращения аварий, то будем вынуждены урезать финансирование социальных программ, чем сократим среднюю продолжительность жизни человека и снизим её качество.

Поэтому сообщество пришло к пониманию невозможности создания *"абсолютной безопасности"* реальной действительности, и следует стремиться к достижению такого уровня риска от опасных факторов, который можно рассматривать как *"приемлемый"*.

Его приемлемость должна быть обоснована исходя из экономических и социальных соображений. Это означает, что уровень риска от факторов опасности, обусловленных хозяйственной деятельностью, является "приемлемым", если его величина (вероятность реализации или возможный ущерб) настолько незначительна, что ради получаемой при этом выгоды в виде материальных и социальных благ, человек или общество в целом готово пойти на риск.

В большинстве стран мирового сообщества в настоящее время принята концепция «приемлемого риска». Принцип приемлемого риска получил известность как принцип ALARA (аббревиатура от *as low as reasonably achievable*, т. е. «настолько низко, насколько это достижимо в пределах разумного»). Под приемлемым риском понимается такой уровень риска, который был бы оправдан с точки зрения экономических и социальных факторов, то есть приемлемый риск – это риск, с которым общество в целом готово мириться, ради получения определенных благ в результате своей деятельности. За среднюю величину приемлемого риска в профессиональной сфере обычно принимают значение  $2,5 \cdot 10^{-4}$  гибели человека в год, за величину индивидуального риска гибели при пожаре –  $1,3 \cdot 10^{-4}$  1/год, средняя величина приемлемого риска для действующих производств составляет  $1 \cdot 10^{-4}$  1/год, для новых вводимых объектов –  $1 \cdot 10^{-5}$  1/год.

Объективной основой для построения системы управления экологическими рисками на предприятии является концепция приемлемого риска. В основу содержания данной концепции входят три разновременных уровня экологического риска:

– *начальный уровень экологического риска*, т. е. уровень риска идеи, замысла по развитию хозяйственной деятельности без учета мер по его анализу; это риск непознанный, неоцененный и, следовательно, достаточно высокого уровня вследствие неготовности менеджера к возникающим экологическим событиям;

– *оцененный уровень экологического риска* с учетом мер по его анализу, в результате которых получена реальная оценка уровня риска; это проанализированный риск и, следовательно, более низкого уровня вследствие готовности менеджера к экологическим последствиям;

– *конечный (финальный, приемлемый) уровень экологического риска* с учетом разработанных и проведенных активных и пассивных мероприятий по снижению его начального уровня.

Основные положения концепции приемлемого риска, в случае с экологическим риском, можно представить следующим образом:

– экологический риск – это зачастую управляемый параметр, на уровень которого можно и нужно оказывать воздействие;

– высокий уровень начального экологического риска не должен служить основанием для отказа от принятия какого-либо хозяйственного решения;

– детальный анализ экологического риска и разработка мероприятий, уменьшающих его отрицательные последствия, как правило, позволяют принимать хозяйственные решения, фактически реализуемые при приемлемом или допустимом уровне экологического риска;

– задача экологического риск-менеджмента заключается в том, чтобы уравновесить получаемую от реализации хозяйственного решения выгоду и возможные при этом потери.

Во всех развитых в промышленном отношении странах существует устойчивая тенденция применения концепции приемлемого риска.

Оценивая приемлемость различных уровней экономического риска на первом этапе, можно ограничиться рассмотрением риска лишь тех вредных последствий, которые, в конечном счете, приводят к смертельным исходам, поскольку для этого показателя достаточно надежные статистические данные.

Тогда, например, понятие *"экологический риск"* может быть сформулировано как *отношение величины возможного ущерба, выраженного в числе смертельных исходов от воздействия вредного экологического фактора за определенный интервал времени к нормированной величине интенсивности этого фактора.*

Главное внимание при определении экологического и социального риска должно быть направлено на анализ соотношения вредных социальных и экологических последствий, заканчивающихся смертельными исходами, и количественной оценки как суммарного вредного социального и экологического воздействия, так и его компонентов.

Общественная приемлемость риска связана с различными видами деятельности и определяется экономическими, социальными и психологическими факторами.

*Приемлемый риск* – это такой низкий уровень смертности, травматизма или инвалидности людей, который не влияет на экономические показатели предприятия, отрасли экономики или государства.

Необходимость формирования концепции приемлемого (допустимого) риска обусловлена невозможностью создания абсолютно безопасной деятельности (технологического процесса).

Экономические возможности повышения безопасности технических систем не безграничны. Так, на производстве, затрачивая чрезмерные средства на повышение безопасности техни-

ческих систем, можно нанести ущерб социальной сфере производства (сокращение затрат на приобретение спецодежды, медицинское обслуживание и др.).

Пример определения приемлемого риска представлен на рисунке 7.1.

При увеличении затрат на совершенствование оборудования технический риск снижается, но растет социальный. Т.е. с увеличением расходов на обеспечение безопасности технических систем технический риск уменьшается, но растет социально-экономический. Тратя чрезмерные средства на повышение безопасности технических систем, в условиях ограниченности средств, можно нанести ущерб социальной сфере, например, ухудшить медицинскую помощь.

Суммарный риск имеет минимум при оптимальном соотношении инвестиций в техническую и социальную сферы.

Это обстоятельство нужно учитывать при выборе приемлемого риска, с которым общество пока вынуждено мириться. Подход к оценке приемлемого риска очень широк.

При определении социально приемлемого риска обычно используют данные о естественной смертности людей.

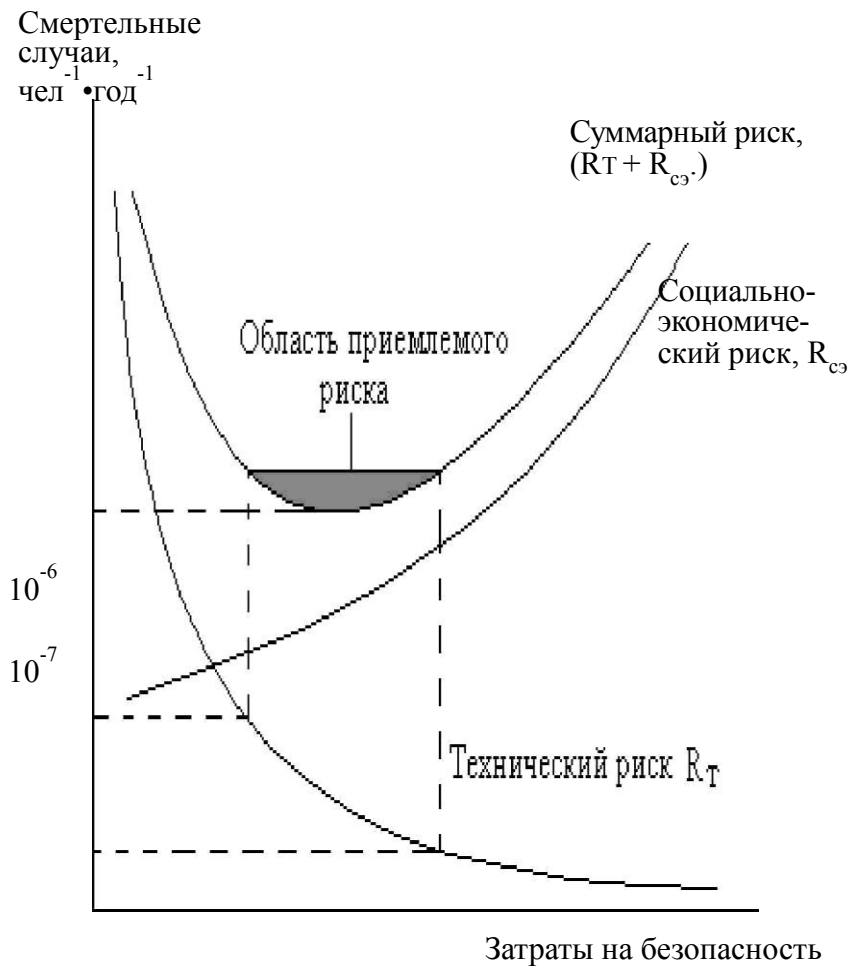
Максимально приемлемым уровнем индивидуального риска гибели человека обычно считается риск, равный  $10^{-6}$  в год.

Малым считается индивидуальный риск гибели человека, равный  $10^{-8}$  в год. Концепция приемлемого риска может быть эффективно применена для любой сферы деятельности, отрасли производства, предприятий, организаций, учреждений.

Бесспорно, не существует абсолютной безопасности, всегда будет существовать некоторый уровень остаточного риска.

Насколько риск является приемлемым или неприемлемым, решает руководство государства и конкретного предприятия, учреждения и организации.

Результат этого решения будет влиять на многие входных данных и соображений, среди которых не последнее место занимает стоимость риска, поскольку главной задачей управления является и всегда будет определение стоимости риска.





## Рисунок 7.1 Определение приемлемого риска.

В таблице 7.1 представлена сравнительная информация о критериях приемлемости риска в разных странах.

Таблица 7.1 Критерии приемлемости риска в разных странах

Страна	Определение приемлемости	Требуемое обоснование	Использование количественных оценок риска
Великобритания	Риск должен быть так низок, как практически возможно	Доклад о деятельности, определенной нормативами СИМА. Управление по охране здоровья HSE, АСМН	Уровень индивидуального риска приемлем: <b>менее <math>1 \cdot 10^{-6}</math> в год</b> , Уровень индивидуального риска от <b><math>1 \cdot 10^{-6}</math> до <math>1 \cdot 10^{-4}</math> в год</b> – контроль по методу «затраты-выгоды»
Германия	Должен удовлетворять техническим правилам и не причинять ущерб окружающей среде или значительный ущерб населению	Анализ безопасности последнего состояния технологии	Никакие количественные показатели не могут быть удовлетворительно определены Уровень индивидуального риска для стран ЕС принят как приемлемый: <b>менее <math>1 \cdot 10^{-5}</math> в год</b>
Франция	Реальное арбитражное просвещение	Оценка технич. риска, экономический анализ	Уровень индивидуального риска приемлем: <b>менее <math>1 \cdot 10^{-6}</math> в год</b> , скорее как цель, чем требование

Дания	Загрязнение окружающей среды не выше пороговых значений	Должен быть приемлем для Комитета соответствующей организации	Уровень индивидуального риска приемлем: <b>менее <math>1 \cdot 10^{-6}</math> в год</b>
Австралия	+установлены доп. критерии ущерба здоровью, которые не приводят к смерти	Министерство о планировании NSW	Уровень индивидуального риска приемлем: <b>менее <math>1 \cdot 10^{-6}</math> в год</b> , На территориях активного землепользования, жилых: <b>менее <math>0,5 \cdot 10^{-6}</math> в год</b> ,
Нидерланды	Опасность должна быть квантифицирована настолько точно, насколько возможно	Доклад по безопасности должен быть одобрен надзорными органами и Рабочим советом	Уровень индивидуального риска приемлем: <b>менее <math>1 \cdot 10^{-6}</math> в год</b> пренебрежимый: <b><math>1 \cdot 10^{-8}</math> в год</b> Уровень социального риска приемлем: <b>менее <math>1 \cdot 10^{-5}</math> в год</b> для 10 смертей за событие

## 8. ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ

### 8.1 Описания рисков

Основная цель описания рисков – подробное описание выявленных рисков в определенном формате, что позволяет провести их дальнейший анализ. Формат описания рисков дает возможность расставить приоритеты и выделить те риски, подробное изучение которых требуется. Риски бизнес процессов идентифицируются как стратегические, проектные/тактические и операционные. В таблице 8.1 приведен пример описания риска.

Таблица 8.1. Пример описания риска.

<b>Наименование</b>	<b>Описание риска</b>
Сфера риска	Описание событий, размер, тип, количество и сферы воздействия
Тип риска	Стратегический, операционный. Финансовый, знания/информация, регулятивный
Заинтересованные лица	Заинтересованные лица и их ожидания
Количественное выражение риска	Значение последствий и вероятность
Приемственность риска	Возможные убытки и их финансовое значение. Цена риска. Вероятность и размер вероятных убытков/прибыли. Цели контроля над риском и желаемый уровень исполнения поставленных задач
Управление риском	Действующие методы/практика управления риском. Уровень надежности существующей программы контроля над риском. Существующие ответы/протоколы учета и анализа контроля над риском
Возможности для улучшения	Рекомендации по снижению риска
Стратегические и управленческие изменения	Определения степени ответственности (функции) за разработку и внедрение стратегии/управления риском

Для описания рисков применяют следующие критерии:

1. вероятность события (угрозы) (таблица 8.2);
2. последствия (угрозы и возможности) (таблица 8.3);
3. вероятность события (возможности) (таблица 8.4).

Таблица 8.2. Вероятность события (угрозы)

<b>Оценка вероятности</b>	<b>Описание</b>	<b>Индикаторы</b>
Высокая (вероятно)	Вероятность наступления каждый год или вероятность наступления события больше чем 25%	Потенциальная вероятность того, что событие наступит несколько раз в течение определенного периода времени (например, 10 лет). Событие произошло недавно.
Средняя (возможно)	Существует вероятность наступления события в течение 10 лет или вероятность наступления меньше чем 25%	Событие может произойти несколько раз в течение определенного периода времени. Сложно контролировать в силу влияния внешних факторов. Существует история наступления события.
Низкая (отдаленно)	Практически отсутствует вероятность наступления события в течение 10 лет или вероятность наступления меньше чем 2%	Событие не наступало. Вероятность наступления события мала.

Таблица 8.3 Уровни последствия (угрозы и возможности)

Высокий	Финансовые последствия не превысят \$X Существенное влияние на стратегическое развитие и деятельность организации Существенная обеспокоенность заинтересованных лиц
Средний	Финансовые последствия находятся в пределах \$X и \$Y Умеренное влияние на стратегическое развитие и деятельность организации Умеренная обеспокоенность заинтересованных лиц
Низкий	Финансовые последствия ниже \$Y. Слабое влияние на стратегическое развитие и деятельность организации Слабая обеспокоенность заинтересованных лиц

Таблица 8.4 Вероятность события (возможности)

Оценка вероятности	Описание	Индикаторы
<i>Высокая (вероятно)</i>	Положительные результаты, вероятно, наступят в течение года или вероятность положительного результата выше чем 75%.	Четкая и определенная возможность, наступление результата возможно в краткосрочный период при использовании существующих бизнес процессов.
<i>Средняя (возможно)</i>	Возможные положительные результаты в течение года с вероятностью наступления 25% - 75%.	Возможности достижимы при планомерном и четком руководстве. Дополнительные возможности, которые вытекают из существующих планов.
<i>Низкая (отдаленно)</i>	Положительные результаты, может быть, наступят в скором времени или вероятность наступления положительных результатов меньше чем 25%.	Вероятные возможности, которые требуют дополнительных исследований. Возможности, которые мало вероятны сточки зрения существующего менеджмента.

## 8.2 Общие подходы к оценке риска

Оценка риска представляет собой совокупность процедур идентификации факторов, причин его возникновения, анализа возможностей и последствий проявления действия риска (рисунок 8.1). Различают, как правило, качественную и количественную оценки риска.

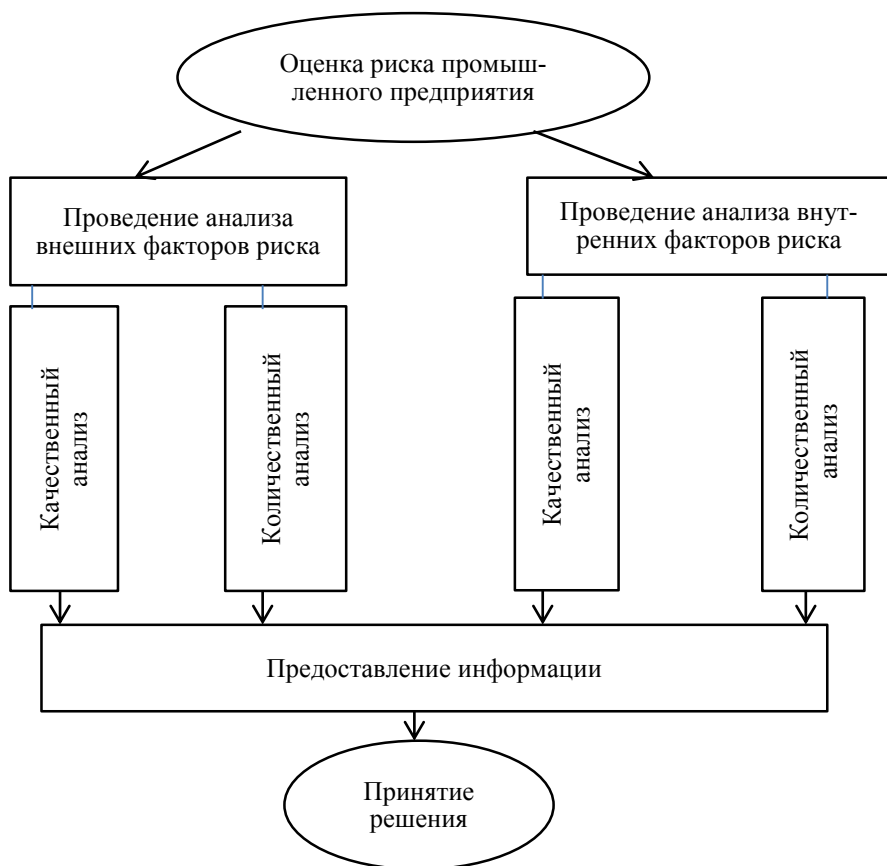


Рисунок 8.1 Порядок оценки риска предприятия

*Качественная оценка* (анализ) направлена на установление существования различных видов риска, определяющих их факторов и причин. Результатом качественной оценки рисков является система рисков.

*Количественная оценка* проводится на основе результатов качественного анализа рисков. Процесс количественной оценки состоит в определении вероятности воздействия риска и характера его влияния на показатели деятельности предприятия.

В таблице 8.5 представлен методический аппарат оценки и прогноза риска.

Таблица 8.5 Методический аппарат оценки и прогноза риска

Методики	Решаемая задача		
	Идентификация	Оценка	Прогноз
Статистические	Проверка статистических гипотез, корреляционный, дисперсионный и факторный анализ	Статистическое оценивание	Временные ряды; нейпрогнозирование
Теоретико-вероятностные	Феноменологический и детерминистский методы, теория вероятностей, теория графов	Теория вероятностей; теория графов; имитационное моделирование	Случайные процессы; нелинейная динамика; химия, физика и механика катастроф
Эвристические	Экспертное оценивание	Экспертное оценивание; нечеткие модели	Экспертное оценивание; теория перемен

В результате проведения качественной оценки (анализа) выявляются основные факторы, причины и виды рисков. Факторы риска рассматриваются как условия, способствующие проявлению причин риска. В то время как причины риска -это источники их возникновения. Факторы риска по признаку среды их возникновения разделяются на внешние и внутренние.

Выделяют следующие *внешние факторы риска*: политические, социально-экономические, экологические, научно-технические. Различают внешние факторы косвенного и прямого воздействия. В отличие от внешних *внутренние факторы риска* возникают непосредственно в ходе функционирования предприятия. Воздействие факторов внутренней среды в основном связано с нарушениями, недостатками в организации, планировании и управлении производством. Взаимосвязь и взаимозависимость внутренних и внешних факторов определяют возникновение причин и воздействие различных видов рисков.

*Причины риска* – конкретные незапланированные события, которые потенциально могут осуществиться и привести к отклонению от намеченного результата. В целом к причинам возникновения риска относят: спонтанность природных процессов и явлений, стихийные бедствия; случайность; наличие противоборствующих тенденций, столкновение противоречивых интересов; вероятностный характер НТП; неполнота, недостаточность информации об объекте, процессе, явлении и др. Могут быть выделены также объективные и субъективные причины риска.

*На основе результатов качественного анализа рисков проводится количественная оценка.*

Количественный анализ базируется на определении численных величин, как отдельных рисков, так и риска в целом. Основу количественной оценки риска составляют теории вероятностей, математической статистики, теории исследования операций.

В исследованиях, посвященных проблеме риска, выделяется несколько групп методов, позволяющих провести количественную оценку риска:

- статистические методы;
- расчетно-аналитические методы;
- экспертные методы.



*Статистические методы* основываются на исследовании статистики потерь, имевших место в аналогичных видах производственно-хозяйственной деятельности, определении частоты появления определенных уровней потерь и прогнозировании вероятности потерь. Статистические методы рассматриваются в связи с понятием зон и границ риска. Точки, определяющие уровень потерь и вероятность появления этих потерь, описываются при помощи статистического анализа достаточно большого массива данных. Основа данной группы методов - расчет среднеквадратичного отклонения, коэффициента вариации и дисперсии.

*Группа расчетно-аналитических методов* базируется на математических подходах. При этом следует отметить, что прикладные математические методы расчетов рисков производственно-хозяйственных, финансовых, коммерческих недостатков хорошо разработаны.

Широкое распространение в данной группе получило имитационное моделирование. Имитация представляет собой методику для проведения экспериментов с математическим обеспечением модели поведения системы в определенный момент времени. Выделяют следующие виды имитации: вероятностная; зависящая и независящая от временного фактора; явная; деловые игры; имитация больших систем.

В настоящее время все шире применяются различные *методы экспертных оценок*. Они незаменимы при решении сложных задач оценивания и выбора технических объектов, в том числе специального назначения, при анализе и прогнозировании ситуаций с большим числом значимых факторов, когда необходимо привлечение знаний, интуиции и опыта многих высококвалифицированных специалистов-экспертов.

Проведение экспертных исследований основано на использовании современных методов прикладной математической статистики, прежде всего статистики объектов нечисловой природы, и современной компьютерной техники. Метод экспертной

оценки представляет собой комплекс логических и математико-статистических методов и процедур по переработке необходимой для анализа и принятия решений информации.

*Метод экспертных оценок* основан на обобщении мнения специалистов-экспертов о вероятностях риска. Интуитивные характеристики, основанные на знаниях и опыте эксперта, дают в ряде случаев достаточно точные оценки.

Экспертные методы позволяют быстро и без больших временных и трудовых затрат получить информацию, необходимую для выработки управленческого решения. Метод экспертных оценок применяется в случаях, когда:

- длина исходных динамических рядов недостаточна для оценивания с использованием экономико-статистических методов;
- связь между исследуемыми явлениями носит качественный характер и не может быть выражена с помощью традиционных количественных измерителей;
- входная информация неполная и невозможно предсказать влияние всех факторов;
- возникли экстремальные ситуации, когда требуется принятие быстрых решений.

Суть экспертных методов заключается в организованном сборе суждений и предположений экспертов с последующей обработкой полученных ответов и формированием результатов.

Существует масса методов получения экспертных оценок. Среди наиболее распространенных методов получения экспертных оценок можно выделить:

- 1) метод "Дельфи";
- 2) метод "снежного кома";
- 3) метод "дерева целей";
- 4) метод "комиссий круглого стола";
- 5) метод эвристического прогнозирования;
- 6) матричный метод.

Основной недостаток данного метода заключается в субъективности оценки, что может отразиться на качестве оценки, но при использовании научно-обоснованной организации проведения всех этапов экспертизы обеспечивается эффективность работы на каждом из этапов.

Выделены следующие методы оценки риска в соответствии с ISO 31010:2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» (IEC 31010:2019 «Risk management – Risk assessment techniques»). NEQ):

- Анализ функциональности:
  - Failure mode and effect analysis (FMEA/FMECA);
  - Reliability centred maintenance (RCM);
  - Hazard and operability studies (HAZOP);
  - Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP);
- Анализ сценариев:
  - Consequence/Likelihood Matrix;
  - Root cause analysis (RCA);
  - Scenario analysis;
  - Business impact analysis (BIA);
  - Fault tree analysis (FTA);
  - Event tree analysis (ETA);
  - Cause and consequence analysis (CCA);
  - Cause-and-effect analysis;
- Оценка мер управления:
  - Bow tie analysis;
- Статистические методы:
  - Markov analysis;
  - Monte Carlo simulation.

В таблице 8.6 представлена классификация уровней риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду

Таблица 8.6 Классификация уровней риска для здоровья населения

Уровень риска	Индивидуальный пожизненный риск
Высокий (De Manifestis) – не приемлем для производственных условий и населения. Необходимо осуществление мероприятий по устранению или снижению риска	$> 10^{-3}$
Средний – допустим для производственных условий; при воздействии на все население необходимы динамический контроль и углубленное изучение источников и возможных последствий неблагоприятных воздействий для решения вопроса о мерах по управлению риском	$10^{-3} - 10^{-4}$
Низкий – допустимый риск (уровень, на котором, как правило, устанавливаются гигиенические нормативы для населения)	$10^{-4} - 10^{-6}$
Минимальный (De minimis) – желательная (целевая) величина риска при проведении оздоровительных и природоохранных мероприятий	$< 10^{-6}$ Допустимый риск = 1 случай смерти или тяжелого заболевания на миллион

### 8.3 Основные программные комплексы для оценки рисков

Разработаны и успешно реализуются следующие программные комплексы (ПК) для оценки рисков:

- ПК SoFi;
- SoFi EH&S;
- SoFi CSM;
- SoFi EM;
- Бенчмаркинг.

**ПК SoFi**, разработанный немецкой компанией PE International для управления устойчивым развитием предприятий. Комплекс нашел применение в 66 странах мира; он внедрен в крупнейших концернах: Alcan, Allianz, Bayer, DaimlerChrysler, DeutschePost/DHL, Rockwool, Siemens, Toyota, ThyssenKrupp, Volkswagen . Продукт разработан для использования в рамках экологического менеджмента и позволяет оперативно анализировать информационные потоки по четырем основным направлениям:

**SoFi EH&S для экологического менеджмента и управления охраной труда:**

- *оценка материальных и энергетических потоков:* сбор и оценка данных по предприятию и его составным частям; создается основа для выработки экологических целей (аспектов), а также систематизируется информация для экологического отчета;
- *оценка воздействий на ОС:* на основе сбора данных программный комплекс проводит расчеты экологических воздействий продукции рассматриваемого предприятия или воздействий на предыдущих стадиях. Данная процедура базируется на опыте проведения оценок жизненного цикла различных видов продукции, причем экологические показатели внедрены в систему технических и экономических характеристик. Таким образом, выполняются и актуальные требования к системам экологического менеджмента;

- *составление экобалансов, балансов отходов, GHG-Bilanz* возможно на основе данных, которые хранятся в банке данных программного комплекса – эти документы используются при экологическом аудите;
- *безопасность на рабочем месте*: отслеживаются показатели безопасности на рабочих местах в соответствии с OSAS 18001;
- *Compliance Management/ менеджмент соответствия*: контроль соответствия реальных показателей установленным нормам с автоматическими попытками обоснования существующих несоответствий.

### **SoFi CSM для управления устойчивым развитием:**

- *экологические, экономические и социальные индикаторы*: в единой системе проводится вычисление индикаторов устойчивости для указанных «трех измерений»; поскольку для подготовки информации необходимо взаимодействие со соответствующими коллегами-специалистами из других областей, достигается единство в оценках деятельности предприятия;
- *дополнительные качественные данные* (дополнительные специфические характеристики объекта) позволят дать более детальную характеристику состояния вашего предприятия;
- *гибкая отчетность*: возможность подготовки внутренних отчетных документов, документации в рамках международной Глобальной инициативы по отчетности (добровольные экологически отчеты фирм), заполнение опросников для составления рейтингов значительно облегчается благодаря возможности оперативной обработки информации;
- *стратегическое управление*: прогнозирование, индивидуальные оценки различных аспектов и менеджмент соответствия - важнейшие инструменты ПК SoFi

### **SoFi EM для управления эмиссиями (прежде всего парниковых газов):**

- мониторинг эмиссий на предприятии;

- учет материальных и энергетических потоков, автоматическое вычисление и анализ данных по эмиссиям в разрезе предприятия, процесса, мест расположения производств установок;
- анализ рынков (квот на выбросы парниковых газов): возможность оперативного получения информации и оценок ситуации на рынке от экспертов;
- распределение выбросов: управление распределением выбросов с учетом национальных планов и программ взаимодействия;
- отчетность по эмиссиям парниковых газов;
- стратегии и управление рисками: возможности раннего распознавания рисков превышения (или излишне заниженного) уровня выбросов с целью выбора оптимальной стратегии выбросов;

**Бенчмаркинг**(сравнительные исследования) – сопоставительный анализ на основе эталонных показателей как процесс определения, понимания и адаптации имеющихся примеров эффективного функционирования предприятия с целью улучшения собственной работы. Бенчмаркинг представляет собой постоянный систематический процесс сравнения.

## 9. КАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКА

Объектом анализа опасностей и риска является система *«человек-машина-окружающая среда (ЧМС)»*, в которой в единый комплекс объединены технические объекты, люди и окружающая среда, взаимодействующие друг с другом.

Анализ опасностей и риска описывает опасности качественно и количественно и заканчивается планированием предупредительных мероприятий. Он базируется на знаниях:

- алгебры логики и событий;
- теории вероятностей;
- статистического анализа;
- требует инженерных знаний;
- системного подхода.

При выборе и применении методов анализа риска рекомендуется придерживаться следующих требований:

- метод должен быть научно обоснован и соответствовать рассматриваемым опасностям;
- метод должен давать результаты в виде, позволяющем лучше понять формы реализации опасностей и наметить пути снижения риска;
- метод должен быть повторяемым и проверяемым.

Анализ опасностей и риска начинают с предварительного исследования, позволяющего идентифицировать источники опасности. На стадии идентификации опасностей и предварительных оценок риска рекомендуется применять методы качественного анализа и оценки риска. Качественные методы анализа опасностей и риска позволяют определить:

- ✓ источники опасностей,
- ✓ потенциальные аварии и несчастные случаи,
- ✓ последовательности развития событий,



✓ пути предотвращения аварий (несчастных случаев) и смягчения последствий.

Выбор соответствующего качественного метода анализа опасностей на стадии анализа риска зависит от цели анализа, назначения объекта и его сложности.

В целях проведения оценки рисков, а также их последующего ранжирования по уровню значимости используют матрицу последствий и вероятностей (Матрица рисков). Матрица рисков учитывает как вероятность наступления рискового события, так и последствия от реализации рисков. Матрица рисков может быть организована в табличной форме, где строки и столбцы представляют шкалы значений оценок последствий и вероятностей, а их пересечение позволяет количественно оценить тот или иной вид риска. На рисунке 9.1 приведен пример матрицы рисков.

Размер потенциального ущерба	Критический	2	2	3	3	3
	Высокий	2	2	2	3	3
	Средний	1	2	2	2	3
	Низкий	1	1	2	2	2
	Незначительный	1	1	1	2	2
		невероятно	редко	маловероятно	возможно	Вероятно
	<b>Вероятность</b>					

Рисунок 9.1 - Матрицы рисков.

В Матрице рисков (рисунок 9.1) выделяются три области:

- риски высокого уровня (3);
- риски среднего уровня (2);
- риски низкого уровня (1).

Качественные методы анализа опасностей включают: - **«Что будет, если...?»**:

- проверочный лист;
- предварительный анализ опасностей;
- анализ видов и последствий отказов;
- анализ опасности и работоспособности;
- анализ ошибок персонала;
- причинно-следственный анализ;
- анализ «дерева отказов» или «дерева причин»;
- анализ «дерева событий» или «дерева последствий»;
- количественный анализ риска.

Методы **проверочного листа** и **«Что будет, если...?»** или их комбинация относятся к группе методов качественных оценок опасности, основанных на *изучении соответствия условий эксплуатации объекта или проекта требованиям промышленной безопасности.*

Результатом проверочного листа является перечень вопросов и ответов о соответствии опасного производственного объекта требованиям промышленной безопасности и указания по их обеспечению.

Метод проверочного листа отличается от «Что будет, если...?» более обширным представлением исходной информации и представлением результатов о последствиях нарушений безопасности.

Эти методы наиболее просты, нетрудоемки и наиболее эффективны при исследовании безопасности объектов с известной технологией.

**Предварительный анализ опасностей (ПАО)** осуществляют в следующем порядке:

1. изучают технические характеристики объекта, системы, процесса, используемые энергетические источники, рабочие среды, материалы и устанавливают их повреждающие свойства;

2. устанавливают нормативно-техническую документацию, действие которой распространяется на данный технический объект, систему, процесс;

3. проверяют существующую техническую документацию на ее соответствие нормам и правилам безопасности;

4. составляют перечень опасностей, в котором указывают идентифицированные источники опасностей, повреждающие факторы, потенциальные аварии, выявленные недостатки.

**Анализ видов и последствий отказов (АВПО)** – качественный метод идентификации опасностей, основанный на системном подходе и имеющий характер прогноза.

Существенной чертой этого метода является рассмотрение каждого аппарата (установки, блока, изделия) или составной части системы (элемента) на предмет того,

- как он стал неисправным (вид и причина отказа);
- какое было бы воздействие отказа на техническую систему.

Этот метод детального анализа отказов оборудования применяется также на более поздних этапах разработки.

**АВПО** включает:

– подсчет количества нежелательных событий для каждого варианта развития аварий;

– прослеживание распространения нежелательных состояний, ведущих к катастрофическим последствиям;

– оценка воздействия на здоровье людей и повреждений материальных ценностей;

– составления общего заключения о данном производственном процессе на основе сравнения с другими видами риска.

Этим методом можно оценить опасный потенциал любого технического объекта.

**АВПО** осуществляют в следующем порядке:

1. техническую систему (объект) подразделяют на компоненты;
2. для каждого компонента выявляют возможные отказы;
3. изучают потенциальные аварии, которые могут вызвать отказы на исследуемом объекте;
4. отказы ранжируют по опасностям и разрабатывают предупредительные меры.

АВПО является анализом индуктивного типа, с помощью которого систематически, на основе последовательного рассмотрения одного элемента за другим анализируются все возможные виды отказов или аварийные ситуации и выявляются их результирующие воздействия на систему.

Отдельные аварийные ситуации и виды отказов элементов позволяют, определить их воздействие на другие близлежащие элементы и систему в целом.

*Анализ видов и последствий отказа* можно расширить до количественного *анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО)*.

В этом случае каждый вид отказа ранжируется с учетом двух составляющих критичности – вероятности (или частоты) и тяжести последствий отказа. Определение параметров критичности необходимо для выработки рекомендаций и приоритетности мер безопасности. Рекомендуется определять критерии критичности для различных видов отказов элементов:

**Категория 1. Отказ, потенциально приводящий к жертвам.**

**Категория 2: Отказ, потенциально приводящий к невыполнению основной задачи.**

**Категория 3: Отказ, приводящий к задержкам и потере работоспособности.**

**Категория 4: Отказ, приводящий к дополнительному, запланированному обслуживанию.**

Результаты анализа представляются в виде таблиц с перечнем оборудования, видов и причин возможных отказов, с частотой, последствиями, критичностью, средствами обнаружения неисправности (сигнализаторы, приборы контроля и т.п.) и рекомендациями по уменьшению опасности.

В качестве примера в таблице 9.1 приведены показатели (индексы) уровня и критерии критичности по вероятности и тяжести последствий отказа.

Для анализа выделены четыре группы, которым может быть нанесен ущерб от отказа:

- персонал;
- население;
- имущество (оборудование, сооружения, здания, продукция и т.п.);
- окружающая среда.

В таблице 9.1 применены следующие варианты критериев:

**а) критерии отказов по тяжести последствий:**

*катастрофический отказ* – приводит к смерти людей, существенному ущербу имуществу, наносит невосполнимый ущерб окружающей среде;

*критический (некритический) отказ* – угрожает (не угрожает) жизни людей, приводит (не приводит) к существенному ущербу имуществу, окружающей среде;

*отказ с пренебрежимо малыми последствиями* – отказ, не относящийся по своим последствиям ни к одной из первых трех категорий;

**б) категории (критичность) отказов:**

*А* – обязателен количественный анализ риска или требуются особые меры обеспечения безопасности;

*В* – желателен количественный анализ риска или требуется принятие определенных мер безопасности;

*C* – рекомендуется проведение качественного анализа опасностей или принятие некоторых мер безопасности;

*D* – анализ и принятие специальных (дополнительных) мер безопасности не требуются.

Таблица 9.1 Матрица «вероятность - тяжесть последствий»

Отказ	Частота возникновения отказа в год	Тяжесть последствий отказа			
		катастрофического	критического	некритического	с пренебрежимо малыми последствиями
Частный	$>1$	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>C</i>
Вероятный	$1 \cdot 10^{-2}$	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Возможный	$10^{-2} \cdot 10^{-4}$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Редкий	$10^{-4} \cdot 10^{-6}$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Практически невероятный	$<10^{-6}$	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>D</i>

Методы **АВПО**, **АВПКО** применяются, как правило, для анализа проектов сложных технических систем или технических решений.

Методом *анализа опасности и работоспособности (АОР)* или эквивалентным ему *анализом опасностей методом потенциальных отклонений (АОМПО)* исследуются опасности отклонений технологических параметров (температуры, давления и пр.) от регламентных режимов.

Эти методы включают процедуру искусственного создания отклонений технологических параметров с помощью ключевых слов. Для этого разбивают технологический процесс или техническую систему на составные части и, создавая с помощью ключевых слов отклонения, систематично изучают их потенциальные причины и те последствия, к которым они могут привести на практике.

В процессе анализа для каждой составляющей опасного производственного объекта или технологического блока определяются возможные отклонения, причины и указания по их недопущению. При характеристике отклонения используются ключевые слова *«нет»*, *«больше»*, *«меньше»*, *«так же, как»*, *«другой»*, *«иначе, чем»*, *«обратный»* и т.п.

Применение ключевых слов помогает исполнителям выявить все возможные отклонения. Конкретное сочетание этих слов с технологическими параметрами определяется спецификой производства.

Примерное содержание ключевых слов следующее:

*«нет»* – отсутствие прямой подачи вещества, когда она должна быть;

*«больше (меньше)»* – увеличение (уменьшение) значений режимных переменных по сравнению с заданными параметрами (температуры, давления, расхода);

*«так же, как»* – появление дополнительных компонентов (воздух, вода, примеси);

*«другой»* – состояние, отличающиеся от обычной работы (пуск, остановка, повышение производительности и т.д.);

*«иначе, чем»* – полное изменение процесса, непредвиденное событие, разрушение, разгерметизация оборудования;

*«обратный»* – логическая противоположность замыслу, появление обратного потока вещества.

В таблице 9. 2 представлен результат анализа опасности и работоспособности цеха холодильно-компрессорных установок. В процессе анализа для каждой установки, производственной

линии или блока определяются возможные отклонения, причины и рекомендации по обеспечению безопасности. При характеристике каждого возможного отклонения используются ключевые слова «нет», «больше», «меньше» «так же, как», «другой», «иначе, чем», «обратный» т.п.

В таблице 9.2 приведены также экспертные балльные оценки вероятности возникновения рассматриваемого отклонения **В**, тяжести последствий **Т** и показателя критичности **К = В + Т**. Показатели **В** и **Т** определялись по 4-балльной шкале (балл, равный 4, соответствует максимальной опасности).

**АОР и АОМПО** по сложности и качеству результатов соответствуют уровню **АВПО** или **АВПКО**.

Отклонения, имеющие повышенные значения критичности, далее рассматриваются более детально, в том числе при построении сценариев аварийных ситуаций и количественной оценки риска. Степень опасности отклонений может быть определена количественно путем оценки вероятности и тяжести последствий рассматриваемой ситуации по критериям критичности аналогично методу **АВПКО** (табл. 9.1).

Таблица 9.2. Перечень отклонений при применении метода изучения опасности и работоспособности компрессорного узла цеха холодильно-компрессорных установок

Ключевое слово	Отклонение	Причины	Последствия	В	Т	К	Рекомендации
Меньше	Нет потока вещества	1.Разрыв трубопровода 2.Отказ в системе электропитания	Выброс аммиака Опасности нет	2 3	4 1	6 4	Установить систему аварийной сигнализации Повысить надежность системы резервирования



Больш е	Повыше ние да вления нагнета ния ко м-прес сора	3.Закры т нагнетатель ный вентиль	Разруше ние ком прессора и выброс ам миака	1	2	3	Заменить реле давления, предохрани тельный и об ратные клапаны
		4. Отсутствует или недоста точная подача воды на кон денсатор	Как в п.3	1	2	3	
		5.Наличие большого ко личества воз духа в конден саторе	Образова ние взрыво опасной смеси	1	3	4	
	Повыше ние тем перату ры нагнета ния ко м-прес сора	6.Нет потока воды через охлаждаемую рубашку ком прессора	Разруше ние ком прессора с выбросом аммиака	1	2	3	Установить реле темпера туры на ком прессорах ВД и НД
		7.Чрез мер ный перегрев паров амми ака на всасы вании	Как в п. 6	1	2	3	
Меньш е	Пони жение да вления всасы вания	8.Повышен ная произво дительность компрессора	Опасности нет	1	1	2	Проверить реле давления

Метод *АОР*, так же как *АВПКО*, кроме идентификации опасностей и их ранжирования позволяет выявить неясности и неточности в инструкциях по безопасности и способствует их дальнейшему совершенствованию.

Недостатки методов связаны с затрудненностью их применения для анализа комбинаций событий, приводящих к аварии.

*Анализ ошибок персонала (АОП)*. Одним из важнейших элементов анализа опасностей является человеческий фактор, позволяющий охарактеризовать как ошибки, инициирующие или усугубляющие аварийную ситуацию, так и способность персонала совершить корректирующие действия по управлению аварией.

Метод *АОП* включает следующие этапы:

1. выбор системы и вида работы;
2. определение цели;
3. идентификацию вида потенциальной ошибки;
4. идентификацию последствий;
5. идентификацию возможности исправления ошибки;
6. идентификацию причины ошибки;
7. выбор метода предотвращения ошибки;
8. оценку вероятности ошибки;
9. оценку вероятности исправления ошибки;
10. расчет риска;
11. выбор путей снижения риска.

*Причинно-следственный анализ (ПСА)* выявляет причины происшедшей аварии. Он завершается прогнозом новых аварий и составлением плана мероприятий по их предупреждению.

*ПСА* включает следующие этапы:

1. сбор информации о точном и объективном описании аварии;
2. составление перечня реальных событий, предшествовавших аварии;

3. построение ориентированного графа – *«дерева причин»*, начиная с последней стадии развития событий, т.е. с самой аварии;

4. выявляют логические связи *«дерева причин»*;

5. формулирование предупредительных мер с целью исключения повторения аварии данного типа или для избежания аналогичных аварий.

*Анализ опасностей с помощью «дерева причин»* потенциальной аварии (АОДП) или идентичного ему *«дерева отказов»* позволяет выявить комбинации

– отказов (неполадок) оборудования,

– ошибок персонала и внешних (техногенных, природных) воздействий, приводящих к основному событию, т.е. аварийной ситуации.

Анализ опасных ситуаций с помощью «дерева» выполняют в следующем порядке:

1. выбирают потенциальную аварию или отказ, который может привести к аварии;

2. выявляют все факторы, которые могут привести к заданной аварии, включая все потенциальные инциденты;

3. по результатам этого анализа строят ориентированный граф-«дерево», вершина(корень) которого занумерована потенциальной аварией.

Проведение анализа возможно только после детального изучения рабочих функций всех компонентов рассматриваемой технической системы.

На работу системы оказывает влияние человеческий фактор, например, возможность совершения оператором ошибки. Поэтому желательно все потенциальные инциденты – *"отказы операторов"* вводить в содержание *«дерева отказов»*.

Качественный анализ *дерева отказов* заключается в определении *аварийных сочетаний*.

**Аварийное сочетание** – это определенный набор исходных событий. Если все эти исходные события случаются, существует гарантия, что конечное событие происходит.

Большие системы имеют значительное число видов отказов. Чтобы упростить анализ, следует рассматривать только те виды отказов, которые являются основными. Поэтому вводится понятие **минимального аварийного сочетания**.

**Минимальное аварийное сочетание** – это такое сочетание, в котором при удалении любого исходного события оставшиеся события вместе больше не являются аварийным сочетанием. Аварийное сочетание, включающее другие сочетания, не является минимальным аварийным сочетанием.

«**Дерево отказов**» отражает статический характер событий. Построением нескольких деревьев можно отразить их динамику, т. е. развитие событий во времени. Для определения последовательности событий при аварии, включающей сложные взаимодействия между техническими системами обеспечения безопасности, используется «**дерево событий**».

Анализ опасностей с помощью «**дерева событий**» или идентичного ему «**дерева последствий**» потенциальной аварии (**АОДПО**) отличается от **АОДП** тем, что в этом случае задается потенциальное событие - инициатор, и исследуют всю группу событий - последствий, к которым оно может привести.

Разновидностью «**дерева событий**» является «**дерево решений**». В «**дереве событий**» рабочие состояния системы не рассматриваются, так что сумма вероятностей всех событий не равна единице. В «**дереве решений**» все возможные состояния системы выражаются через состояния элементов. «**Дерево решений**» может использоваться если:

- отказы всех элементов независимы;
- имеются элементы с несколькими возможными состояниями;
- односторонние зависимости.

Они не могут использоваться при наличии двусторонних зависимостей и не обеспечивают проведения логического анализа при выборе начальных событий.

*Анализ «дерева причин - последствий»* начинается с выбора критического события. Критические события выбирают таким образом, чтобы они служили удобными отправными точками для анализа, причем большинство аварийных ситуаций развивается за критическим событием в виде цепи отдельных событий.

Типичными критическими событиями, ведущими к аварийным ситуациям, могут быть отклонения основных параметров технологического процесса, например,

- в баках или контейнерах;
- расширение диапазона давления или степени загрязнения;
- начало процесса выпуска партии продукции или начало процедуры пуска или остановки;
- событие, которое приводит в действие систему обеспечения безопасности.

*«Выявление последствий»*, являющееся частью анализа *«дерева причин - последствий»*, начинается с выбора первичного события с последующим рассмотрением всей цепи событий. На различных ступенях цепи могут разветвляться и развиваться по двум направлениям в зависимости от различных условий.

Например, начало пожара может привести к двум цепям событий:

- постепенному уничтожению всего предприятия
- включению пожарной сигнализации с вызовом пожарной команды.

Цепь событий может принять различные взаимоисключающие формы в зависимости от изменяющихся условий. Напри-

мер, распространение пожара может зависеть от того, произошел ли он в час пик, что может помешать своевременному прибытию пожарной команды на место происшествия.

Процедура построения диаграммы последствий состоит из выбора первого инициирующего события, за которым следуют другие события, определенные на данном этапе работы.

При анализе *«деревя причин - последствий»* используются комбинированные методы *«деревя отказов»* (выявить причины) и *«деревя событий»* (показать последствия), причем все явления рассматриваются в естественной последовательности их появления.

*Методы количественного анализа риска*, как правило, характеризуются расчетом нескольких показателей риска и могут включать один или несколько вышеупомянутых методов (или использовать их результаты).

Проведение количественного анализа требует

- высокой квалификации исполнителей;
- большого объема информации по аварийности, надежности оборудования;
- выполнения экспертных работ;
- учета особенностей окружающей местности, метеоусловий, времени пребывания людей в опасных зонах и других факторов.

Количественный анализ риска позволяет оценивать и сравнивать различные опасности по единым показателям, он наиболее эффективен:

- на стадии проектирования и размещения опасного производственного объекта;
- при обосновании и оптимизации мер безопасности;
- при оценке опасности крупных аварий на опасных производственных объектах, имеющих однотипные технические устройства (например, магистральные трубопроводы);

– при комплексной оценке опасностей аварий для людей, имущества и окружающей природной среды.

В таблице 9.3 представлены обобщенные данные по рассмотренным методам анализа и оценки риска, в таблице 9.4 - рекомендации по выбору методов анализа риска.

Таблица 9.3 Сравнительные данные различных методов анализа риска

Метод	Характеристика	Преимущества	Недостатки
1. Предварительный анализ опасностей (ПАО).	Определяет опасности для системы и выявляет элементы для проведения АЛО и построения «дерева отказов». Частично совпадает с методом и анализом критичности.	Является первым необходимым шагом.	Нет
2. Анализ видов и последствий отказов (АВПО).	Рассматривает все виды отказов по каждому элементу. Ориентирован на аппаратуру.	Прост для понимания, стандартизован, непротиворечив. Не требует применения математического аппарата.	Рассматривает неопасные отказы, требует много времени, часто не учитывает сочетания отказов и человеческого фактора.
3. Анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО).	Определяет и классифицирует элементы для усовершенствования систем.	Хорошо стандартизован, прост для пользования и понимания. Не требует применения математического аппарата.	Часто не учитывает эргономику, отказы с общей причиной и взаимодействие систем.

<b>Метод</b>	<b>Характеристика</b>	<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
4. Анализ с помощью «деревя отказов».	Начинается с иницирующего события, затем отыскиваются комбинации отказов, которые его вызывают.	Широко применим, эффективен для описания взаимосвязей отказов, ориентирован на отказы: позволяет отыскивать пути развития отказов системы.	Большие «деревья отказов» трудны в понимании, не совпадают с обычными схемами протекания процессов и математически неоднозначны. Метод требует использования сложной логики.
5. Анализ с помощью «деревя событий».	Начинается с иницирующих событий, затем рассматриваются альтернативные последовательности событий.	Дает возможность определить основные последовательности и альтернативные результаты отказов.	Не пригоден при параллельной последовательности событий и для детального изучения.
6. Анализ дерева типа «причина-последствие».	Начинается с критического события и развивается с помощью «деревя последствий» в прямой последовательности с помощью «деревя отказов» в обратной последовательности.	Чрезвычайно гибок и насыщен, обеспечен документацией, хорошо демонстрирует последовательные цепи событий.	Диаграммы типа «причина-последствие» вырастают до слишком больших размеров. Обладают многими из недостатков, присущих методам анализа с помощью «деревя отказов».

Таблица 9.4 Рекомендации по выбору методов анализа риска



Метод	Вид деятельности				
	Размещение (предпроектные работы)	Проектирование	Ввод/вывод из эксплуатации	Эксплуатация	Реконструкция
Анализ «Что будет, если...?»	0	+	++	++	+
Метод проверочного листа	0	+	+	++	+
Анализ опасности и работоспособности	0	++	+	+	++
Анализ видов и последствий отказов	0	++	+	+	++
Анализ «деревьев отказов и событий»	0	++	+	+	++
Количественный анализ риска	++	++	0	+	++

В таблице 9.4 приняты следующие обозначения:

0 – наименее подходящий метод анализа;

+ – рекомендуемый метод;

++ – наиболее подходящий метод.

Методы могут применяться изолированно или в дополнение друг к другу, причем методы качественного анализа могут включать количественные критерии риска (в основном, по экспертным оценкам с использованием, например, матрицы «вероятность-тяжесть последствий» ранжирования опасности). По возможности полный количественный анализ риска должен использовать результаты качественного анализа опасностей.

## 10. ПОДХОДЫ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ВЫРАЖЕНИЮ РИСКОВ

Риск является понятием, характеризующим степень неопределенности в предсказании результатов предпринимаемых действий.

Риск – неотъемлемая реальность нашей жизни. Фактически, мы рискуем в каждый момент времени, часто не отдавая себе в этом отчет. И если в обыденной реальности мы снижаем степень риска благодаря следованию принятым нормам поведения (этике), то в бизнесе и других областях деятельности, особенно связанных с созданием нового, часто приходится идти на сознательный риск появления неблагоприятных последствий. Риск, в этом смысле, можно рассматривать как степень потенциальной опасности. Соответственно, избежание или снижение риска является мерой безопасности. Поэтому, для управления сложными системами, приходится заблаговременно рассчитывать степень риска и возможные потери, которые может понести как субъект, предпринимающий действие, так и окружающая его среда. Для этого нужно количественно оценить (квантифицировать) риск.

Любое действие характеризуется той или иной степенью риска. Эта степень называется *вероятностью или частотой*.

Частота обычно обозначается как  $p$  и изменяется от  $0$  до  $1$ .

$0$  – характеризует полное отсутствие риска,

$1$  – соответствует полному риску, т.е. любой исход будет полностью негативным.

Обычно вероятность не превышает нескольких процентов или даже долей процента. Это связано с тем, что человек, принимая действие, стремится к положительному результату, и хочет максимально обезопасить себя.

Вторая составляющая риска – так называемая «тяжесть последствий» ( $T$ ). Это опасность или *вред (ущерб)*, которые могут принести неблагоприятные исходы.

В большинстве случаев *вред (ущерб)*, оценивается в деньгах. Однако в значительном числе случаев, которых очень много в экологии, ущерб с трудом поддается монетарной (денежной) оценке. Например, невозможно точно оценить в денежном выражении гибель птиц в результате разлива нефти, уничтожение неиспользуемого ландшафта, ущерб здоровью человека в результате загрязнения воздуха.

В общем виде **формула оценки риска ( $r$ )** имеет следующий вид:

$$r = p \cdot T$$

где  $p$  – вероятность наступления события;

$T$  -тяжесть последствий (величина вреда, ущерба).

Если величина  $T$  выражена в монетарной форме, то *риск* можно охарактеризовать как *выражение вероятного ущерба или величины потерь от предпринимаемого действия*.

Поскольку вероятность ( $p$ ) и тяжесть последствий ( $T$ ) принято оценивать как средние величины, обычно риск ( $r$ ) определяют как среднеожидаемую величину возможных потерь. Оценки могут колебаться от минимальных, до максимальных.

Ввиду этого следует различать минимальный ( $r_{min}$ ) и максимальный ( $r_{max}$ ) риск.

Риск обычно имеет *многомерный характер*. Это значит, что человек или организация, предпринимающие какое-либо действия, рискуют сразу в нескольких направлениях. В каждом направлении имеются так называемые вторичные следствия, которые также необходимо принимать во внимание.

В *экономике*, где большинство показателей поддается монетарной оценке, имеется возможность суммировать риск, образующийся по разным направлениям. Например, при оформлении лицензии на недропользование нефтегазодобывающей компанией, риск связан с вероятностями ошибок при подсчете

– запасов сырья;

- производительности нефтяных скважин;
- перспективами изменения цен на нефть и газ;
- с недоучетом требований местного населения и ответственности к экологической безопасности и пр.

Все эти риски, по каждому направлению, могут быть оценены в денежной форме. Поэтому появляется возможность определить **суммарный риск (R)** предпринимаемого действия по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^m p_i T_i$$

где  $i = 1, 2, 3 \dots m$ , количество направлений, по которым рассчитывается риск.

**Риск по направлению**, с учетом появления вторичных (третичных и пр.) следствий, рассчитывается как сумма произведений вероятностей на величину возможного ущерба от каждого последовательного следствия ( $k$ ),

$$r_i = p_{i_1} T_{i_1} + p_{i_1} p_{i_2} T_{i_2} + p_{i_1} p_{i_2} p_{i_3} T_{i_3} + \dots + p_{i_1} p_{i_2} p_{i_3} p_{i_k} T_{i_k}$$

где  $k = 1, 2, 3 \dots \infty$

По мере удаления следствий от первичной причины риска, тяжесть последствий может как убывать, так и возрастать.

Первый случай обычно преобладает, что часто создает иллюзию безответственности за отдаленные следствия предпринимаемых действий.

*Иллюзорность демонстрируется следующим примером.*

Допустим, сбросы небольших, а, следовательно, не учтенных при проектировании предприятия концентраций в стоках тяжелых металлов, накапливаясь в донных отложениях водоёма, со временем могут вызвать массовое отравление его фауны или

людей, вызвав чрезвычайную ситуацию регионального масштаба, для ликвидации которой могут потребоваться значительные средства. Установление виновника приведет к возложению на него ответственности финансового или уголовного характера, к закрытию предприятия или другим санкциям, делающим бессмысленным само инвестирование. Это указывает на необходимость заблаговременного расчета рисков.

Все риски делятся на **определенные и неопределенные**.

**Определенные риски** рассчитать относительно легко, поскольку сделать это можно с помощью теорий вероятности и математической статистики. Для них характерны известные частота (вероятность) и тяжесть потерь (ущерб).

*Например,*

– если достаточно большое количество раз подбросить и поймать монетку, то вероятность выпадения решки составит 0,5.

– если Вы купили 1 билет лотереи, где разыгрывается 100 билетов, то вероятность выигрыша составит 0,01, а проигрыша 0,99. Вероятный ущерб определяется с помощью расчета математического ожидания.

**Математическое ожидание** ряда возможных исходов ( $M_o$ ) равно сумме вероятностей  $p_i$  каждого исхода, умноженных на его абсолютное значение ( $T_i$ ):

$$M_o = p_v T_v + p_n T_n$$

где  $p_v$ ,  $T_v$  и  $p_n, T_n$  – соответственно вероятности и значения выигрышного и проигрышного исходов.

В приведенном случае с лотерейным билетом математическое ожидание результата составит  $M_o = (0,01 \cdot 100) + (0,99 \cdot 0) = 1$  руб.

Возможны и более сложные случаи применения математического ожидания к расчету рисков.

*Например*, вероятность того, что предприятие будет оштрафовано за сброс неочищенных вод в водоток, составляет 0,4; сумма штрафа (потерь) – 10 000 руб.

Соответственно, вероятность того, что нарушитель не будет пойман, составляет 0,6, а экономия на очистке стоков – 20 000 руб.

$$M_0 = 0,4 \cdot (-10000) + 0,6 \cdot 20000 = -4000 + 12000 = 12000 \text{ руб.}$$

Очевидно, что риск потерь здесь значительно ниже потенциального выигрыша, и это стимулирует предприятия сбрасывать неочищенные стоки.

Если же вероятность быть пойманным, при внедрении системы экологического мониторинга возрастет, например, до 0,8, то

$$M_0 = 0,8 \cdot (-10000) + 0,2 \cdot 20000 = -8000 + 4000 = -4000 \text{ руб.}$$

В данном случае нарушитель понесет потери и ему будет невыгодно нарушать законодательство.

Аналогичного результата можно добиться путем повышения штрафов (потенциальных потерь нарушителя).

Для *неопределенных рисков* частота (вероятность) и тяжесть потерь (вред, ущерб) являются величинами неизвестными. Поскольку это более общий случай возникновения рисков, риск в управлении обычно определяется как уровень неопределенности в предсказании результатов предпринимаемых действий.

Возникновение неопределенности связано с недостатком информации. Возможен также вариант, когда информация намеренно скрывается или искажается одной из сторон. В этом случае принято говорить об асимметричности информации.

*Неопределенность* – это невозможность с достаточной степенью точности оценить вероятность потенциальных результатов.

Такая ситуация возникает в новых видах деятельности, где отсутствует достаточная информация о последствиях. Например, при выпуске новой продукции могут быть использованы технологии, сырье или материалы, которые могут нанести вред окружающей среде или потребителю.

Особенно это относится к «прорывным» направлениям, связанным с научно-техническим прогрессом, негативные последствия которых недостаточно ясны или даже намеренно скрываются. К ним относятся ядерные, химические и биохимические технологии, генная инженерия, освоение околоземного космического пространства и многое другое.

Очень часто новые факторы экологического риска проявляются в уже хорошо освоенных областях. Так, сжигание органического топлива с целью получения энергии, осуществляемое на всех этапах существования цивилизации, оказывается способно вызвать «парниковый эффект», а считавшиеся безобидными фреоны – образование «озоновой дыры».

Очень часто *неопределенной* является тяжесть последствий предпринимаемых действий. При управлении экологическими рисками она зависит от:

- часто немонетарной формы выражения;
- глубины расчета следствий проявления фактора риска;
- отдаленности их во времени и др.

Очень трудно, например, оценить вред здоровью человека. Обычно принято оценивать первичные последствия неблагоприятного воздействия:

- временную потерю трудоспособности,
- затраты на лечение и т.д.

Это - так называемый *прямой ущерб*.

Однако есть и *отдаленные последствия*.

Например, болезнь, полученная в результате неблагоприятного воздействия, может стимулировать у человека развитие

других болезней. Человек, вследствие перенесенного заболевания, может недожить несколько лет, т.е. умереть раньше, чем предназначено природой.

Доказать, что такие отдаленные следствия произошли в результате неблагоприятного экологического воздействия в суде очень сложно. Поэтому в судебной практике помимо **прямого, учитывают и моральный ущерб**, к сфере которого могут быть отнесен и данный случай. Но точно рассчитать его пока не предоставляется возможным.

Соотношение объектов риска и нежелательных событий позволяет различать риски:

- техногенный;
- экологический;
- индивидуальный;
- коллективный;
- социальный;
- экономический.

Каждый вид риска обуславливают характерные источники и факторы риска. Аналитически риск выражает частоту реализации опасностей по отношению к возможному их числу.

В общем виде математически риск записывается в виде формулы

$$R = \frac{N_t}{Q_f}$$

где **R** - риск;

**N** - количественный показатель частоты нежелательных событий в единицу времени *t*;

**Q** - число объектов риска, подверженных определенному фактору риска *f*.

При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, выделяют **техногенный (технический) риск** - ком-



плексный показатель надежности элементов техносферы, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности. Он выражает вероятность аварии или катастрофы при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений:

$$R_T = \frac{\Delta T_t}{T_f}$$

где  $R_T$ - технический риск;

$\Delta T$ - число аварий в единицу времени  $t$ на идентичных технических системах и объектах;

$T$  - число идентичных технических систем и объектов, подверженных общему фактору риска  $f$ .

***К источникам технического риска относятся:***

- низкий уровень научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- опытное производство новой техники;
- серийный выпуск небезопасной техники;
- нарушение правил безопасной эксплуатации технических систем.

***Выделяются наиболее распространенные факторы технического риска:***

- ошибочный выбор по критериям безопасности направлений развития техники и технологий;
- выбор потенциально опасных конструктивных схем и принципов действия технических систем;
- ошибки в определении эксплуатационных нагрузок;
- неправильный выбор конструкционных материалов;
- недостаточный запас прочности;
- отсутствие в проектах технических средств безопасности;

- некачественная доводка конструкции, технологии, документации по критериям безопасности;
- отклонения от заданного химического состава конструкционных материалов;
- недостаточная точность конструктивных размеров;
- нарушение режимов термической и химико-термической обработки деталей;
- нарушение регламентов сборки и монтажа конструкций и машин; использование техники не по назначению;
- нарушение паспортных (проектных) режимов эксплуатации;
- несвоевременные профилактические осмотры и ремонты;
- нарушение требований транспортирования и хранения.

**Экологический риск** выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия.

Нежелательные события экологического риска могут проявляться как непосредственно в зонах вмешательства, так и за их пределами:

$$R_o = \frac{\Delta O_t}{O}$$

где  $R_o$  - экологический риск;

$\Delta O$  - число антропогенных экологических катастроф и стихийных бедствий в единицу времени  $t$ ;

$O$  - число потенциальных источников экологических разрушений на рассматриваемой территории.

Масштабы экологического риска  $R_o^m$  оцениваются процентным соотношением площади кризисных или катастрофических территорий  $\Delta S_k$  общей площади рассматриваемого биогеоценоза  $S$ :

$$R_o^m = \frac{\Delta S}{S} 100$$

Дополнительным косвенным критерием экологического риска может служить интегральный показатель экологичности территории предприятия, соотносимый с динамикой плотности населения (численности работающих):

$$O_T = \pm \Delta L = \frac{\pm M(t)}{S}$$

где  $O_T$  - уровень экологичности территории;

$\Delta L$  - динамика плотности населения (работающих);

$S$  - площадь исследуемой территории;

$\Delta M$  - динамика прироста численности населения (работающих) в течение периода наблюдения  $t$ :

$$\Delta M = G + F - U - V,$$

где  $G$ ,  $F$ ,  $U$ ,  $V$  - соответственно численность родившихся за наблюдаемый период, прибывших в данную местность на постоянное местожительство, умерших и погибших, выехавших в другую местность на постоянное местожительство (уволившихся).

Разность  $(G - U)$  характеризует естественный, разность  $(F - V)$  - миграционный прирост населения на территории (текучесть кадров).

**Положительные значения** уровней экологичности позволяют разделять территории по степени экологического благополучия,

**отрицательные значения** уровней - по степени экологического бедствия.

Динамика уровня экологичности территории позволяет судить об изменении экологической ситуации на ней за длительные промежутки времени, определить зоны экологического бедствия (демографического кризиса) или благополучия.

В современных условиях основным источником экологического риска является *техногенное влияние на окружающую природную среду*, а наиболее распространенными факторами экологического риска

- загрязнение водоемов;
- атмосферного воздуха вредными веществами;
- почвы отходами производства;
- изменение газового состава воздуха;
- энергетическое загрязнение биосферы.

Одной из наиболее часто употребляющихся характеристик опасности является

**индивидуальный риск** — частота поражения отдельного индивидуума (человека) в результате воздействия исследуемых факторов опасности.

Индивидуальный риск обусловлен вероятностью реализации потенциальных опасностей при возникновении опасных ситуаций. Его можно определить по числу реализовавшихся факторов риска.

В общем случае количественно (численно) индивидуальный риск выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу рискующих за определенный период времени.

$$R_H = \frac{P(t)}{L(f)}$$

где  $R_H$  - индивидуальный риск;

$P$  - число пострадавших (погибших) в единицу времени  $t$  от определенного фактора риска  $f$ ;

$L$  - число людей, подверженных соответствующему фактору риска в единицу времени  $t$ .

**Источником индивидуального риска** в производственной сфере является *профессиональная деятельность*, наиболее распространенным *фактором* риска - *опасные и вредные производственные факторы*.

Индивидуальный риск во многом определяется:

- квалификацией;
- готовностью индивидуума к действиям в опасной ситуации;
- защищенностью.

Индивидуальный риск, как правило, следует определять не для каждого человека, а для групп людей, характеризующихся примерно одинаковым временем пребывания в различных опасных зонах и использующих одинаковые средства защиты.

Рекомендуется оценивать индивидуальный риск отдельно:

- для персонала объекта;
- для населения прилегающей территории или;
- для более узких групп, например, для рабочих различных специальностей.

Другим комплексным показателем риска, характеризующим пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории, является **потенциальный территориальный риск** - частота реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории.

**Потенциальный территориальный риск** используется при расчете распределения риска по территории вокруг объекта (*картировании риска*).

В этом случае индивидуальный риск определяется

- как потенциальным территориальным риском,
- так и вероятностью нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов.

Потенциальный территориальный, или потенциальный, риск не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства.

Предполагается, что условная вероятность нахождения объекта воздействия равна 1 (т.е. человек находится в данной точке пространства в течение всего рассматриваемого промежутка времени).

Потенциальный риск не зависит от того, находится ли опасный объект в многолюдном или пустынном месте и может меняться в широком интервале.

**Потенциальный риск** выражает собой потенциал максимально возможной опасности для конкретных объектов воздействия (реципиентов), находящихся в данной точке пространства.

Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального риска при крупных авариях.

Распределения потенциального риска и населения в исследуемом районе позволяют получить количественную оценку социального риска для населения. Для этого нужно рассчитать количество пораженных при каждом сценарии от каждого источника опасности и затем определить частоту событий  $F$ , при которой может пострадать на том или ином уровне  $N$  и более человек.

Другой количественной интегральной мерой опасности объекта является **коллективный риск**, определяющий ожидаемое количество пострадавших в результате аварий на объекте за определенное время.

**Социальный риск** характеризует масштабы и тяжесть негативных последствий чрезвычайных ситуаций, а также различного рода явлений и преобразований, снижающих качество жизни людей. По существу - **это риск для группы или сообщества людей.**

Оценить его можно, например, по динамике смертности, рассчитанной на 1000 человек соответствующей группы:

$$R_c = \frac{1000(C_1 - C_2)}{L}$$

где  $R_c$  - социальный риск;

$C_1$  - число умерших в единицу времени  $t$  (смертность) в исследуемой группе в начале периода наблюдения до развития чрезвычайных событий;

$S_2$  – смертность в той же группе людей в конце периода наблюдения, например на стадии затухания чрезвычайной ситуации;

$L$  – общая численность исследуемой группы.

Социальный риск определяется функцией распределения потерь (ущерба), у которой есть установившееся название ***-F/N-кривая***.

В общем случае в зависимости от задач анализа под  $N$  можно понимать и общее число пострадавших, и число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий. Соответственно критерий приемлемого риска будет определяться уже не числом для отдельного события, а кривой, построенной для различных сценариев аварии с учетом их вероятности.

В настоящее время общераспространенным подходом для определения приемлемости риска является использование двух кривых, когда, например, в логарифмических координатах определены ***F/N-кривые*** приемлемого и неприемлемого риска смертельного травмирования. Область между этими кривыми определяет промежуточную степень риска, вопрос о снижении которой следует решать, исходя из специфики производства и региональных условий.

***Одним из основных источников социального риска являются:***

- промышленные технологии;
- объекты повышенной опасности.

***К факторам социального риска относятся:***

- аварии на АЭС, ТЭС;
- аварии на химических комбинатах;
- аварии на продуктопроводах;
- транспортные катастрофы;
- техногенное загрязнение окружающей среды.

*Экономический риск* определяется соотношением пользы и вреда, получаемых обществом от рассматриваемого вида деятельности:

$$R_э = \frac{B}{П} 100$$

где  $R_э$  – экономический риск, %;

$B$  – вред от рассматриваемого вида деятельности;

$П$  – польза.

Для целей экономического регулирования промышленной безопасности и страхования важным является такой показатель риска, как статистически *ожидаемый ущерб* в стоимостных или натуральных показателях.

В условиях хозяйственной деятельности необходим поиск оптимального соотношения затрат на безопасность и возможного ущерба от недостаточной защищенности. Найти его можно, если задаться некоторым значением реально достижимого уровня безопасности производства.

Более распространен подход, когда уровни приемлемого риска, в том числе и индивидуального, определяются в каждом конкретном случае.

Использование рассматриваемых видов риска позволяет выполнять поиск оптимальных решений по обеспечению безопасности жизнедеятельности как на уровне предприятия, так и на макроуровнях в масштабах инфраструктур.



## 11. СОСТАВЛЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КОРНЕВЫХ ПРИЧИН НЕСООТВЕТСТВИЙ

### 11.1 Графический способ исследования и определения причинно-следственных взаимосвязей между факторами и последствиями в исследуемой ситуации

**Диаграмма Исикавы** – т. н. диаграмма «рыбьей кости» (англ. *Fishbone Diagram*), или «причинно-следственная» диаграмма (англ. *Cause and Effect Diagram*), известная также как диаграмма «анализа корневых причин».

Диаграмма Исикавы представляет собой один из семи основных инструментов измерения, оценивания, контроля и улучшения качества производственных процессов, входящих в «семь инструментов контроля качества»:

1. *Контрольная карта;*
2. *Диаграмма Парето;*
3. *Гистограмма;*
4. *Контрольный лист;*
5. *Диаграмма Исикавы;*
6. *Расслоение (стратификация);*
7. *Диаграмма рассеяния.*

При помощи использования этого метода можно найти узкие места в производственном процессе, определить их причины и следствия.

Диаграмма Исикавы – графический способ исследования и определения наиболее существенных причинно-следственных взаимосвязей между факторами и последствиями в исследуемой ситуации или проблеме. Названа в честь одного из крупнейших японских теоретиков менеджмента профессора Каору Исикавы (яп. 石川馨, ромадзи *Kaoru Ishikawa*), который предложил её в 1952 году (по другим данным – в 1943 году) как дополнение к существующим методикам логического анализа и улучшения качества процессов в промышленности Японии.

Из истории – К. Исикава являлся японским исследователем в области качества. В середине XX века он занялся методами управления качеством и их активным внедрением на японские предприятия. Им был предложен новый графический метод управления качеством, названный причинно-следственной диаграммой или диаграммой Исикавы, который также называют "рыбьей костью" или "рыбьим скелетом". Данный метод, относящийся в ряду простых инструментов обеспечения качества, знают в Японии все – от школьника до президента фирмы.

Исикава является одним из разработчиков новой концепции организации производства, воплощённой на фирме «Тойота». Предложенная профессором Исикавой схема ясно показывает работу над улучшением качества производственных процессов. Она, как и большинство инструментов качества, является средством визуализации и организации знаний, которое систематическим образом облегчает понимание и конечную диагностику определённой проблемы.

Такая диаграмма позволяет выявить ключевые взаимосвязи между различными факторами и более точно понять исследуемый процесс. Диаграмма способствует определению главных факторов, оказывающих наиболее значительное влияние на развитие рассматриваемой проблемы, а также предупреждению или устранению действия данных факторов.

Диаграмма Исикавы представляет собой один из семи простых инструментов управления качеством. При помощи использования этого метода можно найти узкие места в производственном процессе, определить их причины и следствия.

Схема (рисунок 11.1) находит широкое применение при разработке новой продукции, с целью выявления потенциальных факторов, действие которых вызывает общий эффект.

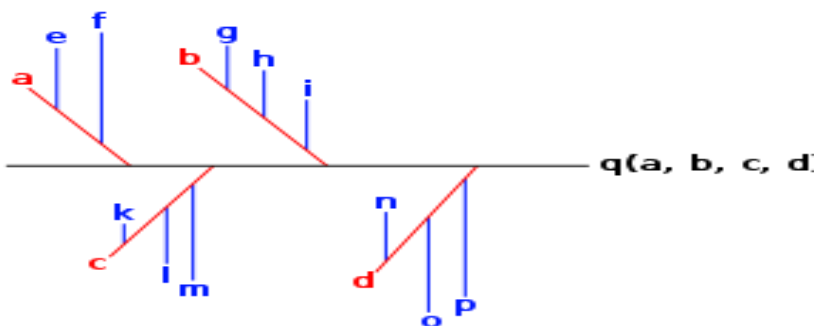


Рисунок 11.1 - Пример диаграммы причинно-следственных связей, на которой отображены 2 уровня костей.

Вид диаграммы при рассмотрении поля исследуемой проблемы действительно напоминает скелет рыбы (глаза обычно движутся слева направо, как при чтении строки текста). Проблема обозначается основной стрелкой. Факторы, которые усугубляют проблему, отражают стрелками, покосившимися к основной вправо, а те, которые нейтрализуют проблему – с наклоном влево. При углублении уровня анализа к стрелкам факторов могут быть добавлены стрелки влияющих на них факторов второго порядка и т. д.

На рисунке отражен такой пример с двумя уровнями костей: красным цветом обозначены 1-й уровень – главные (коренные): **a, b, c, d**, а синим 2-й уровень – углублённые (детализирующие) причины (факторы) **исследуемого влияния на результат** (среди факторов 2-го уровня являются, как те, которые усиливают действие 1-го уровня – **e, f, g, h, i, l, m, o, p**, так и те, что её ослабляют – **k, n**). Далее углубляют разделение обнаруженных факторов по их возрастающей специфичности до тех пор, пока ветви проблемы подвергаются дополнительному разделу (при этом необходимо выявлять истинные причины, а не симптомы).

Ключевая задача заключается в том, чтобы иметь от трёх до шести основных категорий, которые охватывают все возможные влияния. Фактически максимальная глубина такого дерева достигает четырёх или пяти уровней. Когда такая создаваемая диаграмма является полной, она воспроизводит достаточно полную картину всех возможных основных причин определённой проблемы.

Диаграмма Исикавы используется как аналитический инструмент для просмотра действия возможных факторов и выделение наиболее важных причин, действие которых порождает конкретные следствия и поддается управлению.

Первоначально Исикава ввел для своей диаграммы правило "шести М" (все слова на английском языке, которые обуславливают производственные причины, приводящие к различным результатам, начинаются на букву "М"):

- ✓ люди (**Man**),
- ✓ материал (**Material**),
- ✓ оборудование (**Machine**),
- ✓ метод (**Method**),
- ✓ менеджмент (**Management**),
- ✓ измерение (**Measurement**).

Сегодня причинно-следственная диаграмма Исикавы используется не только для анализа качества, но и в иных областях, в связи с чем причины первого порядка могут быть уже иными.

Данный метод может использоваться для выявления причин появления каких-либо проблем, с целью осуществления анализа бизнес-процессов на предприятии, при необходимости проведения оценки соотношения связей "причины-следствие". Как правило, диаграмма Исикавы рождается при командном обсуждении какой-либо проблемы, проведенного методом "мозгового штурма".

***Классификация причин, образующих "скелет" диаграммы.*** Диаграмма Исикавы (рисунок 11.2) состоит из цен-

тральной вертикальной стрелки, которая собственно и представляет следствие, и подходящих к ней крупных "ребер", которые называют причинами первого порядка. К этим "ребрам" подходят стрелки поменьше, называемые причинами второго порядка, к ним - еще более мелкие - причины третьего порядка. Такое "ветвление" может осуществляться очень долго, вплоть до причин n-го порядка.

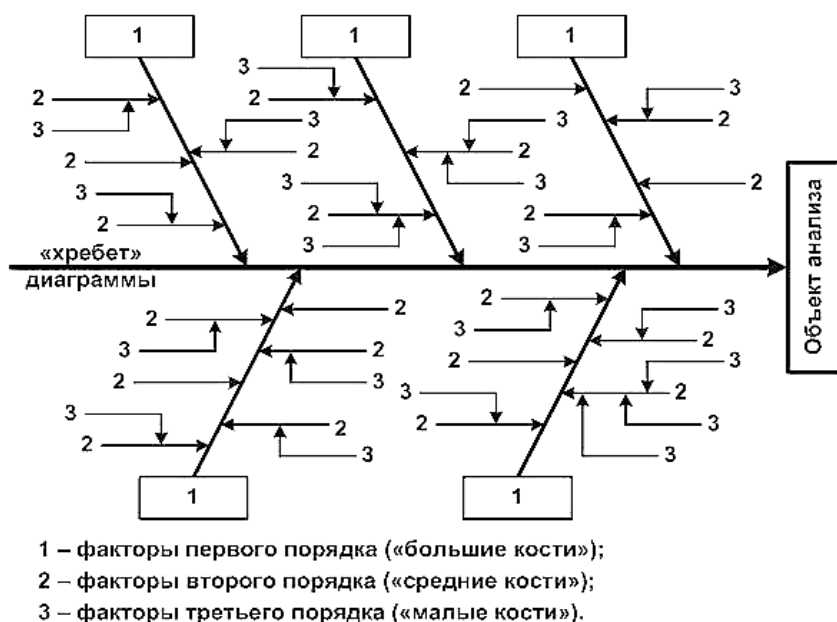


Рисунок 11.2–Скелет диаграммы причинно-следственных связей

Схема представляет собой графическое упорядочение факторов, влияющих на объект анализа.

Причинно-следственную диаграмму (рисунок 11.3) используют для выявления и систематизации факторов (причин), влияющих на определенный результат процесса или вызывающих

какую-либо проблему при его реализации. Причинно-следственную диаграмму из-за ее формы иногда называют еще «рыбьей костью» или «рыбьим скелетом».

Объектом исследования может быть проблема или искомый результат. Чаще всего причинно-следственная диаграмма строится для отдельной проблемы (результата). Если выявлено много факторов, причинно-следственная диаграмма может быть детализирована для отдельных (главных) факторов (причин).

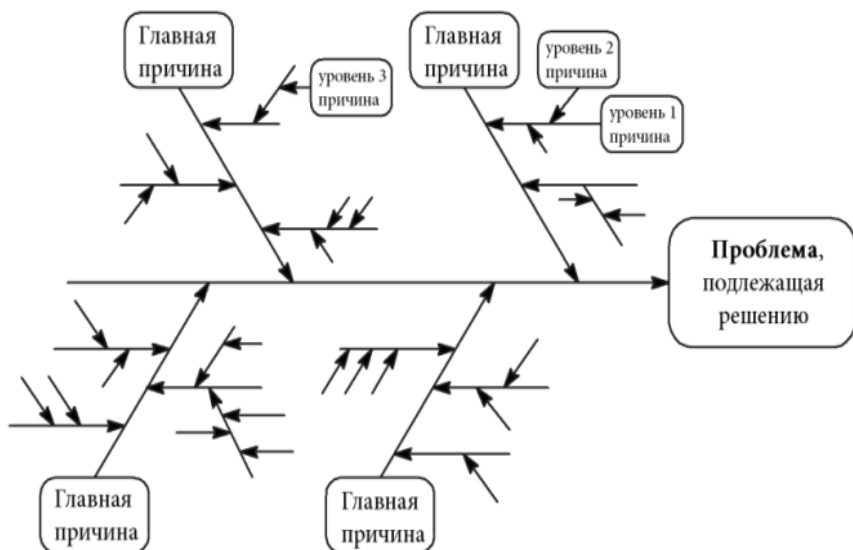


Рисунок 11.3 – Причинно-следственная диаграмма (общий вид).

Дает наглядное представление не только о тех факторах, которые влияют на изучаемый объект, но и о причинно-следственных связях этих факторов. При составлении причинно-следственной диаграммы Исикавы наиболее значимые параметры и факторы располагают ближе к голове «рыбьего скелета». Построение начинают с того, что к центральной горизонтальной стрелке, изображающей объект анализа, подводят большие

первичные стрелки, обозначающие главные факторы (группы факторов), влияющие на объект анализа.

Далее к каждой первичной стрелке подводят стрелки второго порядка, к которым в свою очередь подводят стрелки третьего порядка и т.д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа в конкретной ситуации. Каждая из стрелок, нанесенных на схему, представляет собой, в зависимости от ее положения, либо причину, либо следствие: предыдущая стрелка по отношению к последующей всегда выступает как причина, а последующая – как следствие.

Главное при построении схемы заключается в том, чтобы обеспечить правильную соподчиненность и взаимозависимость факторов, а также четко оформить схему, чтобы она хорошо смотрелась и легко читалась. Поэтому, независимо от наклона стрелки каждого фактора, его наименование всегда располагают в горизонтальном положении, параллельно центральной оси.

Сама диаграмма представляет собой график, на основе которого становится возможным исследовать и определить основные причинно-следственные связи факторов и последствий в интересующей проблеме или ситуации, а также предупредить возникновение нежелательных факторов и причин. Как и остальные инструменты качества, диаграмма Исикавы считается превосходным средством визуализации и организации знаний, упрощающих понимание и диагностику проблем и процессов.

В большинстве случаев диаграмму «рыбьей кости» применяют в разработках новой продукции, выявляя факторы, оказывающие наибольший эффект на её качество, и главные причины, порождающие конкретные последствия и поддающиеся управлению. Однако если разобраться, то применить эту диаграмму для выявления причин проблемных ситуаций в жизни и работе может любой человек.

На рисунке 11.4 приведен пример причинно-следственной диаграммы Исикавы.

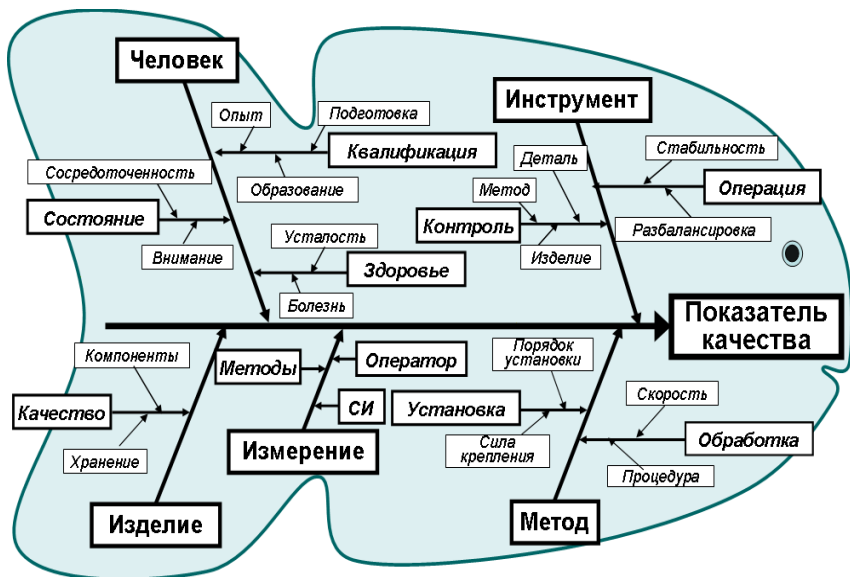


Рисунок 11.4 –Пример причинно-следственной диаграммы Исикавы.

## 11.2 Особенности построения диаграммы Исикавы

Работу с диаграммой Исикавы можно подразделить на несколько основных этапов:

1. Определение всех причин и факторов, которые оказывают влияние на интересующий результат;
2. Систематизация этих факторов и причин по причинно-следственным и смысловым разделам;
3. Оценка и приоритизация факторов и причин внутри разделов;



4. Анализ полученной структуры;
5. Выявление и отсечение факторов и причин, повлиять на которые невозможно;
6. Опущение малозначимых причин и факторов.

***Особенности построения диаграммы Исикавы.***

*Первое:* перед тем как приступить к построению графика, необходимо чётко определиться с формулировкой рассматриваемой проблемы. Если, например, участников обсуждения вопроса несколько, то все они должны прийти к одному мнению, и только после этого начинать строить диаграмму.

*Второе:* рассматриваемую проблему для удобства восприятия лучше всего расположить (записать) в правой части доски или листа бумаги, а влево от неё уже горизонтально проводить «хребет рыбы».

*Третье:* основные влияющие на проблему причины представляют собой «большие кости рыбьего скелета». Их нужно заключить в рамки и соединить с «хребтом» наклонными стрелками.

*Четвёртое:* затем на диаграмму наносятся второстепенные причины, которые оказывают влияние на главные, являющиеся их следствием. Это уже «средние кости», которые примыкают к «большим костям».

*Пятое:* наносятся «мелкие кости», примыкающие к «средним» — это третьестепенные причины, которые воздействуют на второстепенные. Если какие-либо из причин не выявлены, то «кость» остаётся пустой, т.е. причина не фиксируется, однако место для неё следует оставить.

*Шестое:* при анализе диаграммы следует учитывать абсолютно все, даже кажущиеся малозначительными, причины и факторы. Это делается для того чтобы отыскать первопричину и найти наиболее эффективный способ решения исследуемой проблемы.

*Седьмое:* причины и факторы должны оцениваться по своей значимости, т.е. необходимо найти и выделить самые важные из

них – в наибольшей степени влияющие на рассматриваемую проблему.

*Восьмое:* желательно вносить в диаграмму всю информацию, касающуюся проблемы: названия причин и факторов, даты, дни недели, имена участников процесса, наименования изделий (если это вопрос производства) и т.д. и т.п.

*Девятое:* важно запомнить, что процесс поиска, анализа и интерпретации причин и факторов является основополагающим в создании целостной структуры проблемы и переходе к конкретным действиям.

*Десятое:* при выявлении каждой новой причины или фактора следует задавать себе вопрос «почему», т.к. благодаря этому можно найти корневую причину, оказывающую воздействие на проблему в целом.

Следуя этим принципам, вы сможете рассмотреть проблему наиболее объективно и постепенно раскрыть всю цепь причинно-следственных связей и найти те факторы, которые нужно будет скорректировать, чтобы добиться решения проблемы и получить требуемый результат.

*Применение метода мозгового штурма при построении диаграммы.* Для того чтобы более точно определить факторы и причины, которые оказывают на исследуемый результат наибольшее воздействие, рекомендуется пользоваться методом мозгового штурма, основывающимся на стимулировании творческой активности и предполагающим предложение как можно большего количества вариантов. Обычно диаграмма зарисовывается на доске или листе бумаги, а затем определяются основные причины и их особенности. График следует заполнять до тех пор, пока вся диаграмма не будет заполнена причинно-следственными связями. Как только этот этап окончен, следует переходить к выявлению основной или корневой причины. Построение диаграммы Исикавы, как можно заметить, процесс довольно непростой и обладает рядом особенностей, о которых необходимо упомянуть отдельно.

Для того чтобы построить диаграмму Исикавы, необходимо вначале обсудить с коллективом существующую проблему и какие наиболее важные факторы на нее влияют. Метод мозгового штурма или мозговой атаки предполагает, что в обсуждении участвуют не только работники определенного предприятия, но могут принимать участие и иные лица, поскольку они имеют "незамыленный глаз" и подходят к решению проблемы с неожиданной стороны. Если в ходе первого этапа обсуждения не удастся достичь консенсуса по поводу причин, вызывающих определенное следствие, то проводится столько этапов, сколько понадобится для выявления основных факторов. В процессе обсуждения никакие идеи не отбрасываются, все они тщательно фиксируются и обрабатываются.

Как правило, диаграмма должна иметь название, дату составления, объект исследования.

Для того чтобы определить какие причины относятся к первому порядку, а какие - ко второму и т. д. необходимо осуществлять их ранжирование, которое может проводиться в ходе мозговой атаки или с помощью математического аппарата.

*Анализ причин брака изделия.* Рассмотрим диаграмму Исикавы на примере анализа причин брака изделия (рисунок 11.5). В данном случае в качестве следствия (проблемы) выступает производственный брак. При проведении мозгового штурма были определены различные причины, влияющие на брак изделия. В результате достижения консенсуса участниками проведения мозговой атаки все причины были ранжированы, отброшены малозначительные и оставлены наиболее важные факторы.

К причинам первого порядка были отнесены материалы, оборудование, комплектующие, труд, условия труда и технология. На них непосредственное влияние оказывают причины второго порядка: примеси, влажность, доставка, точность, контроль, хранение, воздушная среда, рабочее место, культура производства, возраст станка, обслуживание, дисциплина, квалификация,

опыт, инструмент, средства измерения, технологическая дисциплина, документация, оснастка (ее наличие). На причины второго порядка влияют причины третьего порядка, к которым отнесли температуру, влажность хранения, приемку при контроле, освещенность и шум на рабочем месте, качество оснастки. Все эти причины разнесены по соответствующим местам и построена диаграмма Исикавы. При этом нужно понимать, что причины другой группой могут быть выделены иные.



Рисунок 11.5 - Диаграмма Исикавы для анализа причин брака изделия

*Основной вопрос при построении диаграммы.* Любая диаграмма Исикавы при ее анализе должна сопровождаться вопросом "Почему?". Сначала задаем этот вопрос по отношению к проблеме: "Почему возникла данная проблема?" Отвечая на этот вопрос, можно выявить причины первого порядка. Далее, задаем вопрос "Почему?" по отношению к каждой из причин первого порядка и, таким образом, выявляем причины второго порядка и т. д. Также обычно не выделяют, но по отношению к причинам третьего порядка и далее правильнее уже задавать вопрос не "Почему?", а "Что?" или "Что именно?" Научившись отвечать на эти вопросы по приведенным примерам диаграммы Исикавы, вы научитесь ее строить самостоятельно.

### **11.3 Достоинства и недостатки метода**

*Основные достоинства применяемого метода:*

- раскрытие творческого потенциала, который позволит найти неординарные способы решения поставленной задачи;
- нахождение связи между причинами и факторами, которые, так или иначе, влияют на проблему (найти взаимосвязь между всеми причинами и факторами, влияющими на проблему, и произвести оценку их влияния на неё);
- возможность оценить влияние причин и факторов на проблему.

*Основные недостатки при применении данного инструмента:*

- отсутствует возможность проверки диаграммы в обратном порядке (от первопричины к результатам, т.е. логическую цепочку причин и факторов, ведущих к первопричине, рассмотреть не представляется возможным);
- диаграмму можно значительно усложнить, что затруднит ее восприятие и возможность логического построения выводов (диаграмма может выразиться в очень сложной схеме и не иметь

чёткой структуры, что значительно затрудняет объективный анализ и исключает возможность сделать максимально правильные выводы).

В связи с этим анализ причин и следствий необходимо продолжать с использованием и других методик, прежде всего, таких как пирамида А. Маслоу, диаграмма Парето, метод стратификации, контрольных карт и других. При простом решении может оказаться достаточным проведение анализа с использованием причинно-следственной диаграммы. Но всё это касается наиболее сложных проблем и вопросов, к решению которых нужно подходить наиболее комплексно.

Если же проблема подразумевает более простой способ поиска её решения, то диаграмма Исикавы будет вполне достаточно, ведь она позволяет в предельно понятной и доступной форме структурировать все возможные причины возникновения этой проблемы, выявить наиболее значимые из них, найти первопричину, а затем скорректировать или устранить её. Для многих людей причинно-следственная диаграмма Исикавы является «золотым ключиком» к преодолению огромного количества возникающих на пути к достижению успеха препятствий

Диаграмма Исикавы может быть использована, прежде всего, при управлении качеством продукции. Помимо этого, она может применяться при проектировании новых товаров, модернизации производственных процессов и в других случаях. Она может строиться и одним человеком, и группой лиц по предварительному обсуждению. В результате использования данного инструмента в своей деятельности предприятие получает возможность в достаточно простой форме систематизировать причины рассматриваемой проблемы-следствия, при этом провести отбор наиболее важных и выделить среди них приоритетные путем ранжирования.

*Примеры причинно-следственной диаграммы Исикавы для различных технологических процессов*

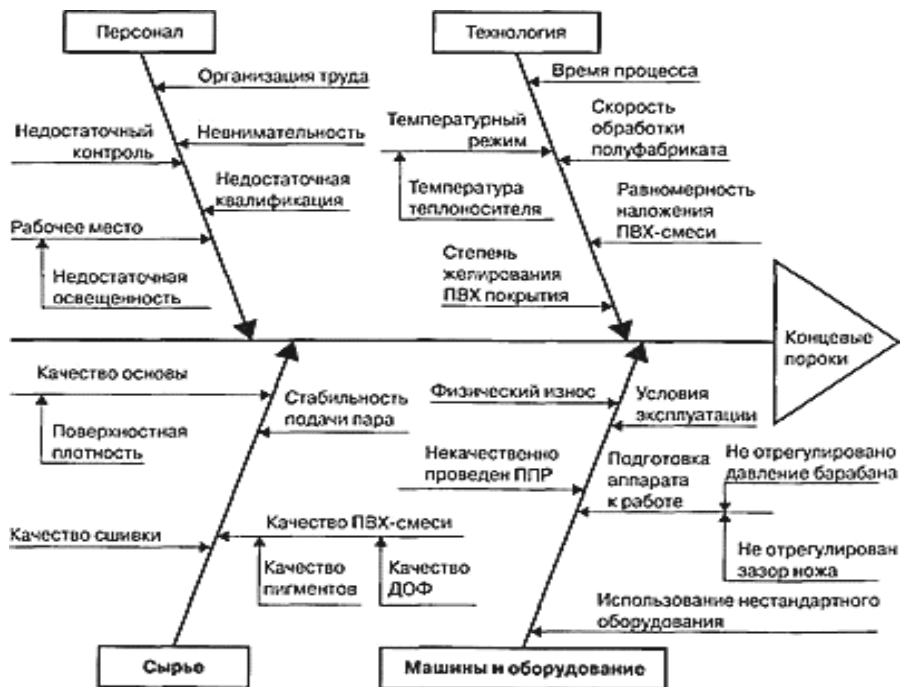


Рисунок 11.6 - Диаграмма Исикавы для управления дефектами при производстве ПВХ-покрытия

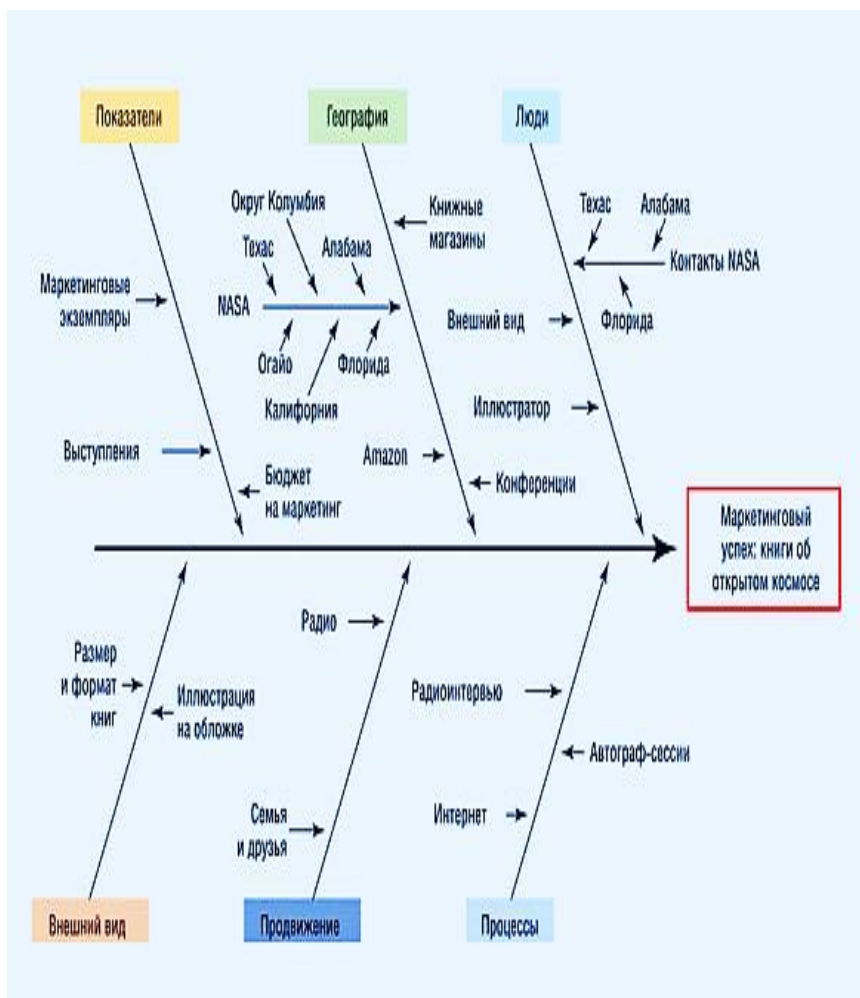


Рисунок 11.7 - Диаграмма Исикавы для управления маркетинговым процессом



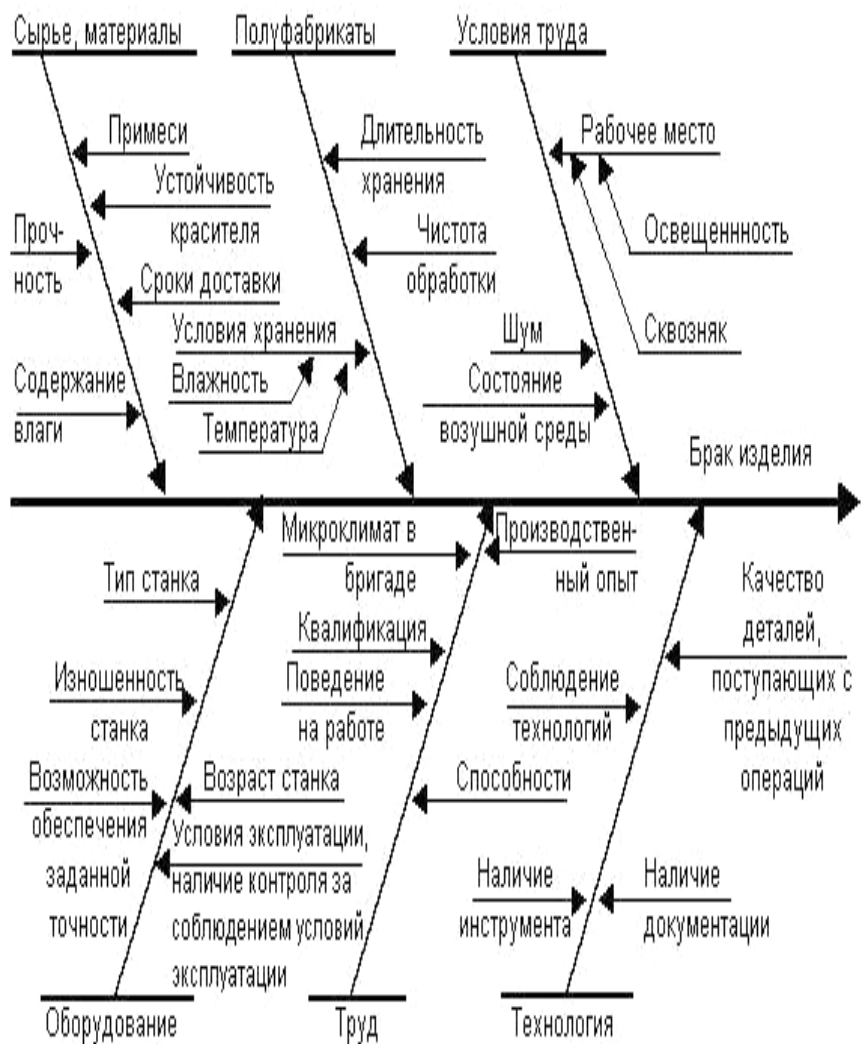


Рисунок 11.8 - Диаграмма Исикавы для управления качеством-выпускаемой продукцией

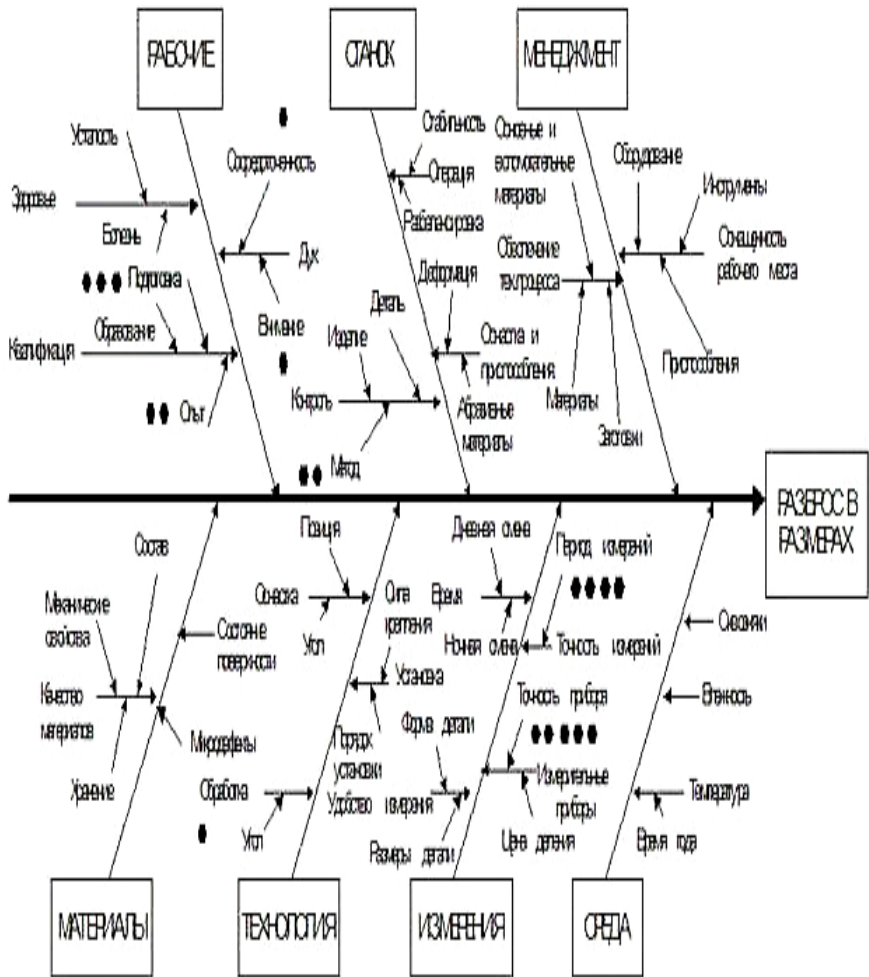


Рисунок 11.9 - Диаграмма Исикавы для управления размерами выпускаемой продукции

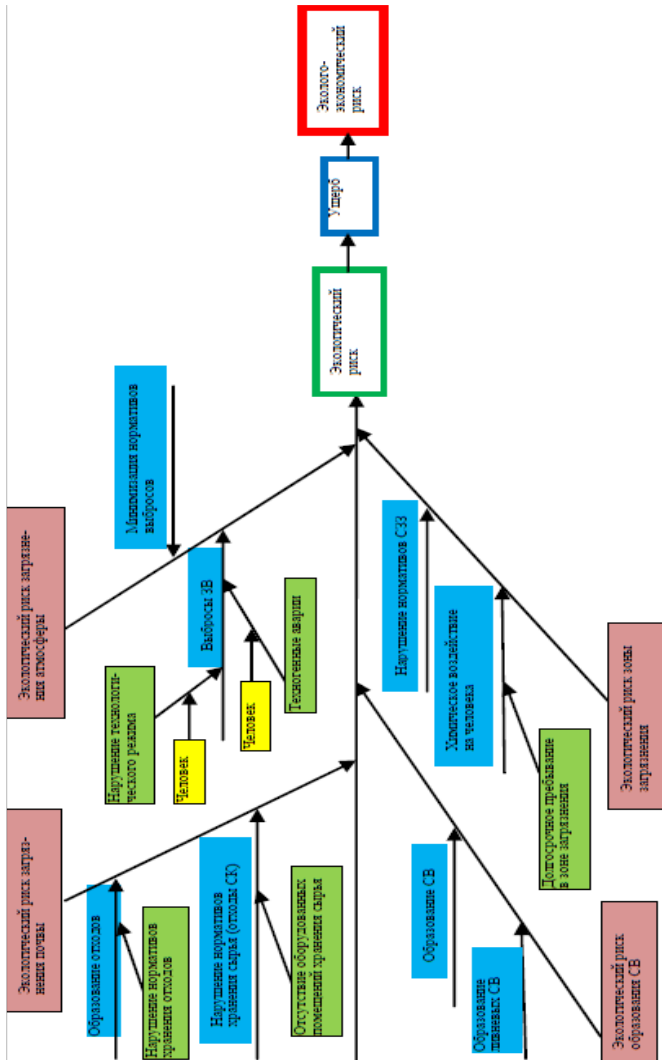


Рисунок 11.10 Диаграмма Исикавы факторов возникновения эколого-экономических рисков предприятия

## II РАЗДЕЛ Практическая часть

### *Практическая работа № 1*

#### **Оценка уровня загрязнения окружающей среды**

Цель работы: оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха населенного пункта, водного объекта и почвы.

#### *Загрязнение окружающей среды*

Загрязнение окружающей среды – это внесение в нее новых, не характерных для нее физических, химических и биологических агентов (загрязнителей) либо превышение в ней естественного многолетнего уровня этих агентов.

Загрязнители окружающей среды – это несвойственные (новые) для среды физические, химические и биологические агенты либо характерные для нее агенты, но находящиеся в объемах, превышающих естественно сложившийся многолетний (фоновый) уровень их присутствия.

Классификация видов загрязнения. Рассматривают обычно два различных по происхождению вида загрязнения:

- естественное загрязнение, возникающее в результате действий природных явлений без участия людей;
- антропогенное загрязнение, связанное с человеческой деятельностью, главной составной частью которого является техногенное загрязнение, обусловленное деятельностью промышленных производств и автомобильным транспортом.

По природе загрязнителей различают следующие виды загрязнения: биологическое, физическое либо химическое загрязнение.

1) биологическое – либо привнесение в окружающую среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов, либо проникновение (естественное или антропогенное) в экосистему организмов, чуждых сообществам экосистемы и обычно там отсутствующих;

2) физическое (радиационное, тепловое, световое, электромагнитное, шумовое и др.);

3) химическое (загрязнение биосферы химическими веществами).

По способу образования различают загрязнение первичное и вторичное.

Первичное загрязнение – поступление в среду загрязнителей, образующихся непосредственно в ходе естественных или антропогенных процессов в биосфере.

Вторичное загрязнение – образование (синтез) вредных и опасных для окружающей среды и человека загрязнителей в ходе физико-химических процессов в окружающей среде, при этом все или некоторые реагенты могут быть сами по себе безопасными. Например, вторичным загрязнением является образование при некоторых условиях ядовитых химических веществ в атмосфере, называемое смогом.

По пространственному признаку различают:

– глобальное загрязнение – обнаруживаемое в любой точке планеты как угодно далеко от его источника;

– региональное загрязнение – обнаруживаемое в пределах значительных территорий, но не охватывающее всей планеты;

– локальное загрязнение – наблюдаемое на небольшой территории, ограниченной пределами населенного пункта, предприятия.

По видам компонентов окружающей среды рассматривают, во-первых, загрязнения атмосферы, гидросферы или литосферы (на глобальном уровне) и загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных водоемов и почвы (на локальном уровне).

Считается, что из загрязняющих агентов, регулярно попадающих в организм человека, около 70% поступает с пищей, 20% – из воздуха и 10% – с водой.

### ***Нормативы качества компонентов окружающей среды***

Уровень загрязнения окружающей среды оценивают с использованием в качестве критериев нормативы качества, которые установлены для компонентов окружающей среды. В качестве таких нормативов чаще всего выступают предельно допустимые концентрации (ПДК). Наиболее разработаны нормативы качества применительно к атмосферному воздуху и воде.

Нормативы качества атмосферного воздуха включают нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе или ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) и уровни вредных физических и иных воздействий на него, установленные в санитарных нормах и правилах.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – количество загрязняющего вещества в окружающей среде (почве, воздухе, воде, продуктах питания), которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

ПДК рассчитывают на единицу объема (для воздуха, воды), массы (для почвы, пищевых продуктов) или поверхности (для кожи работающих).

ПДК устанавливают на основании комплексных исследований. При ее определении учитывают степень влияния загрязня-

ющих веществ не только на здоровье человека, но и на животных, растения, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

В настоящее время в нашей стране действуют более 1400 ПДК вредных химических веществ для водоемов, более 500 для атмосферного воздуха и более 130 для почв.

При содержании в природном объекте нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), учитывают их совместное воздействие.

При нормировании качества атмосферного воздуха используют показатели предельно допустимой концентрации (ПДК).

Для нормирования качества воздуха в производственных помещениях применяется ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДКрз), а для нормирования качества воздуха в населенных пунктах применяется ПДК максимально разовую (ПДКмр) и ПДК среднесуточную (ПДКсс).

ПДКрз – это максимальная концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

ПДКмр – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

ПДКсс – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

Наряду с предельно допустимыми концентрациями существуют временно допустимые концентрации (ВДК), иначе называемые ориентировочными безопасными уровнями воздействия (ОБУВ).

ОБУВ - это временный ориентировочный гигиенический норматив содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест. Этот показатель устанавливается путем расчетов на 2-3 года, после чего должен быть заменен на ПДК.

При нормировании качества воды используют такие показатели, как ПДК вредных веществ для питьевых вод и рыбохозяйственных водоемов. Также нормируют запах, вкус, цветность, мутность, температуру, жесткость, коли-индекс и другие показатели качества воды.

Предельно допустимая концентрация» воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКв) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДКвр) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

При отсутствии ПДК на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности устанавливается временный норматив – ориентировочный допустимый уровень



(ОДУ) воздействия химического вещества в воде водных объектов.

При нормировании качества почвы используют такой показатель, как ПДК вредного вещества в пахотном слое почвы.

Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДКп) – это максимальная концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, плодородие почвы, ее самоочищающую способность, соприкасающиеся с ней среды и не приводящее к накоплению вредных веществ в сельскохозяйственных культурах.

Так как в атмосферном воздухе, воде водных объектов и почве одновременно присутствуют сразу несколько загрязняющих веществ, то для оценки уровня загрязнения используют комплексные показатели.

### ***Определение показателей, характеризующих уровень загрязнения окружающей среды***

#### *Расчет комплексного показателя загрязнения атмосферы*

Для гигиенической оценки степени опасности загрязнения атмосферного воздуха при одновременном присутствии нескольких веществ применяют комплексный показатель загрязнения Р.

Комплексный показатель загрязнения атмосферы учитывает кратность превышения ПДК, класс опасности вещества, количество совместно присутствующих загрязнителей в атмосфере, характер комбинированного действия веществ.

Следует иметь в виду, что показатель Р является условным вследствие того, что при длительном поступлении атмосферных загрязнений в организм человека характер их комбинированного действия в большинстве случаев остается неизвестным, хотя такое количественное его выражение максимально приближено к возможному биологическому воздействию.

Расчет комплексного показателя Р производится по формуле:

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{C_i k_i}{\text{ПДК}_i}} \quad (1.1)$$

где  $P$  – комплексный показатель загрязнения атмосферы;

$n$  – число загрязняющих веществ;

$C_i$  – фактическая среднесуточная концентрация  $i$ -вещества,  $\text{мкг}/\text{м}^3$ ;

$k_i$  – коэффициент изоэффективности, зависящий от класса опасности  $i$ -вещества: для 1 класса – 2,0, для 2 класса – 1,5, для 3 класса – 1,0, для 4 класса – 0,8 (приведение концентраций веществ разных классов опасности к концентрации веществ 3-го класса опасности);

$\text{ПДК}_i$  – среднесуточная (среднегодовая) ПДК  $i$ -вещества,  $\text{мкг}/\text{м}^3$ .

Показатель  $P$  имеет соответственно среднесуточную временную характеристику.

По значению суммарного показателя  $P$  устанавливается степень опасности загрязнения атмосферы в зависимости от количества вредных веществ и величины  $P$  (табл. 1.1).

Таблица 1.1 Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха комплексом вредных химических веществ

Степень загрязнения атмосферного воздуха		Величина комплексного показателя Р при числе загрязнителей атмосферы			
		2-3	4-9	10-20	20 и более
I	Допустимая	до 1,0	до 1,9	до 3,1	до 4,4
II	Слабая	1,1-2,0	2,0-3,0	3,2-4,0	4,5-5,0
III	Умеренная	2,1-4,0	3,1-6,0	4,1-8,0	5,1-10,0
IV	Сильная	4,1-8,0	6,1-12,0	8,1-16,0	10,1-20,0
V	Опасная	$\geq 8,1$	$\geq 12,1$	$\geq 16,1$	$\geq 20,1$

Загрязнение I степени является безопасным для здоровья населения, при загрязнении II–V степени ожидаемые негативные эффекты возрастают с увеличением степени загрязнения атмосферы.

#### *Расчет индекса загрязнения атмосферы*

Степень суммарного загрязнения атмосферного воздуха несколькими веществами может оцениваться по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА).

Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций. Следовательно, этот показатель характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха.

Расчет ИЗА производится для приоритетных для данной территории загрязняющих веществ по формуле:

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i} \quad (1.2)$$

где  $C_i$  – фактическая среднесуточная концентрация  $i$ -вещества,  $\text{мкг}/\text{м}^3$ ;

$\text{ПДК}_i$  – среднесуточная ПДК  $i$ -вещества,  $\text{мкг}/\text{м}^3$ ;

$\alpha_i$  – безразмерный коэффициент, учитывающий класс опасности  $i$ -вещества (таблица 1.2).

Таблица 1.2 Значения коэффициента  $\alpha$

Класс опасности	$\alpha$	Класс опасности	$\alpha$
1	1,5	3 и неопределенный	1,0
2	1,3	4	0,85

Уровень загрязнения атмосферного воздуха определяется на основании показателя ИЗА, данные приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 Уровень загрязнения атмосферы в зависимости от показателя ИЗА

Величина ИЗА	Уровень загрязнения атмосферы
менее или равно 5	Низкий
от 5 до 7	повышенный
от 7 до 14	Высокий
более 14	очень высокий

#### *Расчет индекса загрязненности вод*

Важной характеристикой качества вод водного объекта является индекс загрязненности вод (ИЗВ). Расчет ИЗВ производится по среднегодовым концентрациям веществ, вносящих наибольший вклад в загрязнение водного объекта.

ИЗВ рассчитывается по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \quad (1.3)$$

где  $C_i$  – фактическая среднесуточная концентрация  $i$ -вещества, мг/л;

$\text{ПДК}_i$  – ПДК  $i$ -вещества для вод водного объекта конкретного вида водопользования (рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового), мг/л.

$n$  – количество показателей, участвующих в расчете.

В Республике Беларусь при расчете ИЗВ обычно учитываются шесть показателей качества воды, чаще всего следующие: содержание растворенного кислорода, легко окисляемых органических веществ (по БПК<sub>5</sub>), азота аммонийного, азота нитритного, фосфора, фосфатов и нефтепродуктов. В зависимости от величины ИЗВ определяют характеристику и класс качества воды (таблица 1.4).

Таблица 1.4 Классификация качества поверхностных вод

Величина ИЗВ	Характеристика качества	Класс качества воды
менее или равно 0,3	Чистая	I

от 0,3 до 1,0	относительно чистая	II
от 1,0 до 2,5	умеренно загрязненная	III
от 2,5 до 4,0	загрязненная	IV
от 4,0 до 6,0	Грязная	V
от 6,0 до 10,0	очень грязная	VI
более 10,0	чрезвычайно грязная	VII

*Расчет суммарного показателя химического загрязнения почв*

Почва выполняет защитные функции и обуславливает устойчивость экосистем к внешнему воздействию. В условиях осуществления хозяйственной деятельности почвообразовательные процессы протекают при одновременном влиянии природных и антропогенных факторов, из которых последние являются доминирующими.

Состояние почв, грунтов имеет важнейшее значение для оценки экологического состояния той или иной территории, так как почвы представляют тройной интерес: как начальное звено пищевой цепи, как источник вторичного загрязнения атмосферы и вод и как интегральный показатель экологического состояния окружающей среды.

Кроме того, возможно и прямое негативное воздействие загрязненных почв на здоровье населения. Именно поэтому большинство обследований урбанизированных территорий начинается с исследования состояния почв, а показатели их загрязненности входят в набор обязательных параметров при определении мест экологического кризиса.

Почвы в силу своих природных свойств способны накапливать значительные количества загрязняющих веществ.

Санитарно-гигиенический подход к выбору критериев экологической оценки почв (грунтов) населенных пунктов определяется, с одной стороны, возможностью переноса загрязняющих веществ в воздух и воды этих территорий, с другой стороны, - непосредственным влиянием отдельных показателей на здоровье населения.

Химическое загрязнение почв оценивается по суммарному показателю химического загрязнения ( $Z_c$ ). Суммарный показатель химического загрязнения ( $Z_c$ ) характеризует степень химического загрязнения почв обследуемых территорий. Показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_c = \left( \sum_{i=1}^n K_{c_i} \right) - (n-1) \quad (1.4)$$

где  $K_{c_i}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го химического элемента;

$n$  – число учитываемых элементов.

Коэффициент концентрации ( $K_c$ ) рассчитывается по формуле:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\text{фон}}} \quad (1.5)$$

где  $C_i$  – фактическое содержание элемента, мг/кг;

$C_{\text{фон}}$  – геохимический фон, мг/кг.

Унифицированного подхода к определению набора элементов, по которым осуществляется расчет суммарный показатель химического загрязнения, не существует.

Обычно для расчета рассматривают 10 элементов: свинец, цинк, мышьяк (1 класс токсической опасности); кобальт, никель, медь, хром (2 класс); марганец, ванадий, стронций (3 класс).

В зависимости от величины суммарного показателя химического загрязнения ( $Z_c$ ) определяют категорию загрязнения почвы (таблица 1.5).

Таблица 1.5 Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения

Категория загрязнения	Величина $Z_c$
-----------------------	----------------

Допустимая	менее 16
Умеренно опасная	16-32
Опасная	32-128
Чрезвычайно опасная	более 128

### Индивидуальное задание

(Номер варианта соответствует номеру в журнале)

1. Рассчитать комплексный показатель Р и ИЗА по исходным данным, приведенным в таблице 1.7.

2. Рассчитать ИЗВ для водного объекта в соответствии с вариантом исходных данных (Таблица 1.8) по шести показателям.

3. Используя данные таблицы 1.9, рассчитайте суммарный показатель загрязнения почв ( $Z_c$ ).

4. Заполнить таблицу результатов (Таблица 1.6) и сделать вывод:

а) дать оценку степени загрязнения атмосферного воздуха населенного пункта;

б) охарактеризовать качество воды в водном объекте. Оценить, какой вид загрязнения (загрязняющие вещества органической природы – БПК, нефтепродукты, биогенные – азот и фосфор) является преобладающим;

в) определить уровень загрязнения почв тяжелыми металлами.

Таблица 1.6 Таблица результатов

Вар.	Объект оценки	Показатели	
		Атмосферный воздух населенного пункта	Комплексный показатель Р
Степень загрязнения			
ИЗА			
Уровень загрязнения			
	Водный объект	ИЗВ	

		Характеристика качества воды	
		Класс качества воды	
	Почва	Суммарный показатель загрязнения почв $Z_c$	
		Уровень загрязнения почв	

Таблица 1.7 Фактические концентрации, ПДК и класс опасности основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе,  $\text{мкг}/\text{м}^3$

Вариант	Фактические концентрации загрязняющих веществ в воздухе, $\text{мкг}/\text{м}^3$							
	Твердые частицы	Оксид углерода	Диоксид азота	Диоксид серы	Фенол	Формальдегид	Сероуглерод	Свинец
1	21	812	29	21	0,7	6,4	1,2	0,008
2	18	613	26	16	1,0	11,9	0,8	0,030
3	115	675	36	55	1,1	10,5	1,4	0,027
4	45	444	20	27	2,5	10,7	2,7	0,047
5	40	665	28	33	4,1	4,8	0,9	0,016
6	45	241	97	30	0,9	2,1	3,1	0,087
7	63	558	42	60	0,1	5,1	0,4	0,015
8	19	386	32	73	0,4	4,9	1,7	0,020
9	47	875	55	21	1,8	7,9	4,5	0,009
10	73	437	18	16	3,1	6,2	2,1	0,082
11	56	611	31	29	2,7	1,4	2,0	0,023
12	21	835	42	26	0,9	6,0	4,1	0,021
13	15	762	21	36	1,1	11,2	2,5	0,019
14	52	369	16	20	1,0	12,7	1,8	0,069
15	31	1169	55	28	0,9	6,4	3,4	0,013
16	175	519	27	97	3,1	7,6	1,9	0,044
17	54	878	33	42	0,7	8,1	6	0,049
18	78	338	30	32	0,0	4,4	2,6	0,022
19	85	870	60	55	2,5	1,2	3,8	0,001
20	93	1200	73	18	0,01	3,7	5,1	0,008



ПДК <sub>сс</sub> , мкг/м <sup>3</sup>							
150	3000	100	200	7,0	12	15	0,3
Класс опасности							
3	4	2	3	2	2	2	1

Таблица 1.8 Фактические концентрации и ПДК загрязняющих веществ в пробах воды, мг/дм<sup>3</sup>

Вариант	Фактические концентрации загрязняющих веществ в воде, мг/дм <sup>3</sup>					
	Растворенный кислотный род	БПК <sub>5</sub>	Азот		Фосфаты	Нефтепродукты
			аммонийный	нитритный		
1	6,8	2,21	0,180	0,017	0,008	0,019
2	7,2	1,83	0,534	0,025	0,022	0,024
3	9,4	1,49	0,336	0,018	0,021	0,014
4	8,5	1,35	0,240	0,015	0,017	0,015
5	5,8	1,74	0,323	0,019	0,019	0,018
6	7,1	2,73	0,621	0,032	0,112	0,041
7	6,77	1,84	0,326	0,004	0,051	0,016
8	9,01	1,67	0,362	0,010	0,009	0,029
9	7,88	1,78	0,471	0,013	0,006	0,030
10	8,32	1,71	0,274	0,010	0,033	0,015
11	6,03	1,76	0,353	0,008	0,029	0,021
12	4,59	2,31	0,308	0,018	0,082	0,049
13	8,02	1,52	0,132	0,005	0,008	0,018
14	7,26	2,85	0,335	0,006	0,017	0,032
15	8,31	3,80	0,161	0,010	0,022	0,021
16	6,65	2,08	0,197	0,006	0,006	0,022
17	7,88	5,12	0,316	0,008	0,092	0,018
18	9,9	2,36	0,173	0,007	0,007	0,025
19	7,75	1,92	0,98	0,025	0,032	0,015
20	4,09	3,41	0,462	0,018	0,024	0,018

ПДК, мг/дм <sup>3</sup>						
	4,0	3,0	0,039	0,024	0,066	0,05

Таблица 1.9 Фактические концентрации и геохимический фон загрязняющих веществ и в почве, мг/кг

Вар.	Содержание химических элементов в верхнем почвенном горизонте, мг/кг									
	Pb	Zn	As	Ni	Co	Mn	Cr	V	Cu	Sr
1	15,3	161,1	15,5	32,3	0,7	483,1	58,6	5,0	20,0	209,5
2	18,7	91,0	14,2	23,9	0,8	509,9	50,4	4,3	24,7	139,9
3	44,8	117,7	15,8	22,7	1,9	422,2	46,2	6,7	24,4	169,6
4	26,3	82,7	14,7	23,5	0,9	491,4	51,6	5,0	32,3	193,1
5	30,4	95,0	14,8	23,9	0,9	419,1	52,4	6,7	37,9	129,3
6	31,2	109,1	15,1	28,2	0,5	425,1	60,5	9,1	39,4	166,0
7	15,7	219,6	16,9	22,9	0,7	484,4	46,6	6,4	26,8	155,1
8	16,1	85,9	19,0	23,0	0,4	423,1	57,4	3,2	23,4	133,3
9	14,9	98,2	15,2	23,8	0,9	418,4	53,3	5,8	21,8	125,0
10	17,0	101,9	15,1	23,6	1,2	429,3	48,8	6,9	15,0	127,4
11	18,3	88,3	14,7	24,1	1,1	431,3	46,5	7,1	17,1	115,6
12	20,1	91,7	14,9	25,3	0,6	431,7	60,0	3,4	19,0	130,1
13	19,7	139,0	15,0	22,8	1,3	415,9	59,1	4,0	18,8	141,2
14	17,8	102,3	14,4	24,9	0,4	425,5	55,3	7,7	17,9	144,9
15	22,6	115,1	17,0	23,7	0,3	419,9	51,0	4,9	17,0	139,4
16	18,2	103,2	14,5	22,9	0,5	419,0	52,4	6,9	25,8	128,9
17	17,3	90,0	15,9	24,5	1,5	428,8	50,9	8,0	23,9	129,0
18	19,0	86,4	14,3	26,1	1,1	420,0	50,4	7,5	18,0	131,2
19	26,3	88,3	14,2	22,9	1,2	484,4	46,5	3,2	21,8	115,6
20	30,4	91,7	15,8	23,0	1,1	423,1	60,0	5,8	15,0	130,1
Геохимический фон С <sub>фон</sub> , мг/кг										
	14,7	85,8	14,2	22,7	0,3	419,0	50,2	6,4	17,5	128,0

Контрольные вопросы:

1. Что такое загрязнение окружающей среды? Перечислите виды загрязнения окружающей среды.
2. Дайте определение ПДК.
3. В чем отличие ПДК<sub>рз</sub>, ПДК<sub>мр</sub> и ПДК<sub>сс</sub>?
4. Что такое индексы загрязнения окружающей среды.

### *Практическая работа № 2*

## **Оценка потенциальной опасности производственных процессов**

Цель работы: освоить процедуру количественной и качественной оценки опасности и вредности производственных процессов.

### *Теоретические положения*

Опасность – это негативное свойство живой и неживой материи, способное причинять ущерб самой материи: людям, природной среде, материальным ценностям. Источником опасности может быть все живое и неживое, а подвергаться опасности также может все живое и неживое. Опасности не обладают избирательным свойством. При своем возникновении они негативно воздействуют на всю окружающую их материальную среду.

Источниками опасностей являются естественные процессы и явления, техногенная среда и действия людей. Опасности реализуются в виде энергии, вещества и информации, они существуют в пространстве и во времени. Человек непрерывно воздействует на среду обитания своей деятельностью и продуктами деятельности (техническими средствами, выбросами различных производств и т. п.), генерируя в среде обитания антропогенные опасности. Чем выше преобразующая деятельность человека, тем выше уровень и число антропогенных опасностей - вредных

и опасных (травмирующих) факторов, отрицательно воздействующих на человека и окружающую среду. Опасности хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики, несоответствующие условиям жизнедеятельности человека.

Опасности классифицируются по ряду признаков (табл. 2.1).

Сферы проявления опасностей: бытовая, производственная, культурная, научная, спортивная, дорожно-транспортная, военная и др. Различают априорные признаки (предвестники) опасности и апостериорные (следы) признаки опасностей.

Таблица 2.1 Классификация опасностей

Признак классификации	Вид (класс)
По видам источников возникновения	Природные Антропогенные Техногенные Экологические Смешанные
По видам потоков в жизнедеятельности	Энергетические Массовые Информационные
По величине потоков в жизнедеятельности	Допустимые Предельно допустимые Опасные Чрезвычайно опасные
По моменту возникновения опасности	Прогнозируемые Спонтанные
По длительности воздействия опасности	Постоянные Переменные Периодические Кратковременные
По размерам зоны воздействия	Локальные Региональные Межрегиональные

	Глобальные
По объектам негативного воздействия	Действующие на человека Действующие на природную среду Действующие на материальные ресурсы Комплексного воздействия
По количеству людей, подверженных опасному воздействию	Личные Групповые (коллективные) Массовые
По характеру воздействия на человека	Механические Физические Химические Биологические Психофизиологические
По способности человека идентифицировать опасности органами чувств	Ощутимые Неощутимые
По виду негативного воздействия на человека	Вредные Травмоопасные
По приносимому ущербу	Социальный Технический Экологический Экономический

Номенклатура опасностей – перечень названий, терминов, систематизированный по определенному признаку.

При выполнении конкретных исследований составляется номенклатура опасностей для отдельных объектов (производств, цехов, рабочих мест, процессов, профессий и т. д.). Так Всемирная Организация Здравоохранения представляет в алфавитном порядке общую номенклатуру всех видов опасностей.

Под идентификацией опасностей понимается процесс обнаружения и установления количественных, временных, про-

странственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение жизнедеятельности. В процессе идентификации выявляются номенклатура опасностей, вероятность их проявления, пространственная локализация (координаты), возможный ущерб и др. параметры, необходимые для решения конкретной задачи.

Квантификация опасностей – это введение количественных характеристик для оценки сложных, качественно определяемых понятий. Применяются численные, балльные и другие приемы квантификации. Наиболее распространенной оценкой опасности является риск.

Опасности носят потенциальный, т. е. скрытый характер. Условия, при которых реализуются потенциальные опасности, называются причинами. Причины характеризуют совокупность обстоятельств, благодаря которым опасности проявляются и вызывают те или иные нежелательные последствия, вред (ущерб). Формы вреда или нежелательные последствия, разнообразны: травмы различной тяжести, заболевания, определяемые современными методами, ущерб окружающей среде и др.

Триада «опасность - причины - нежелательные последствия» – это логический процесс развития, реализующий потенциальную опасность в реальный ущерб (последствие). Ни в одном виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности.

Безопасность – это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключено, проявление опасностей.

При этом решаются следующие задачи:

- идентификация и описание зон воздействия опасностей техносферы и отдельных ее элементов (предприятия, машины, приборы и т. п.);
- разработка и использование наиболее эффективных систем и методов защиты от опасностей;

- формирование систем контроля опасностей и управления состоянием безопасности техносферы;
- разработка и реализация мер по ликвидации последствий проявления опасностей;
- организация обучения населения основам безопасности и подготовка специалистов по безопасности жизнедеятельности.

Объектом анализа опасностей является система «человек - машина - окружающая среда», в которую объединены технические объекты, люди и окружающая среда, взаимодействующие друг с другом. Самым простым является локальное взаимодействие, которое осуществляется при контакте человека с техникой в домашних условиях, на работе, во время движения, а также взаимодействие между отдельными промышленными предприятиями. Анализ опасностей делает их предсказуемыми и, следовательно, их можно предотвратить соответствующими мерами.

Анализ опасностей позволяет определить источники опасностей, последовательность развития событий, величину риска, величину последствий, пути предотвращения, смягчения последствий и т. д.

На практике анализ опасностей начинается с глубокого исследования, позволяющего идентифицировать источники опасностей, и заканчивается планированием предупредительных мероприятий.

Установление логических связей между качественным и количественным анализом необходимо для расчета вероятности возникновения опасности.

Методы расчета вероятностей и статистический анализ являются составляющими количественного анализа опасностей.

Качественные методы анализа опасностей включают:

- предварительный анализ опасностей;
- анализ последствий отказов;
- анализ опасностей с помощью дерева причин;
- анализ опасностей с помощью дерева последствий;

- анализ опасностей методом потенциальных отклонений;
- анализ ошибок персонала;
- причинно-следственный анализ.

Выбор того или иного качественного метода анализа зависит от:

- преследующей цели;
- предназначения объекта;
- сложности объекта.

Последовательность изучения опасностей:

- предварительный анализ опасности;
- выявление источников опасности;
- определение части системы, которые могут вызывать эти опасности;
- введение ограничения на анализ, т. е. исключение опасностей, которые не будут изучаться;
- выявление последовательности опасных ситуаций, построение дерева событий и опасностей;
- анализ последствий.

Все производственные процессы являются опасными и вредными и необходимо уметь их анализировать.

Под потенциальной опасностью и вредностью производственных процессов следует понимать наличие опасных и вредных производственных факторов, воздействие которых на человека может привести к производственной травме и профессиональному заболеванию.

Вредный фактор - негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

Опасный (травмирующий) фактор - негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу.

Потенциальная опасность и вредность производственных процессов позволяет оценить экономические потери предприятия, которые могли иметь место, если бы не было системы защиты.



Использование понятия «потенциальная опасность и вредность производственных процессов» в инженерных расчетах предполагает наличие ее количественной оценки.

Так как потенциальная опасность и вредность есть, не что иное, как вероятная мера возможности двух событий, то их количественную оценку целесообразно определять, через вероятность.

### ***Количественная оценка потенциальной опасности производственных процессов***

Вероятность наличия  $i$ -го опасного фактора может быть определена по формуле:

$$P_{vi} = P_i^v \cdot P_i^p \quad (2.1)$$

где  $P_i^v$  – вероятность действия  $i$ -го опасного фактора;

$P_i^p$  – вероятность нахождения работающего в зоне действия  $i$ -го опасного фактора.

Вероятность действия опасного фактора и вероятность нахождения работающего в зоне его действия определяются по формулам:

$$P_i^v = \frac{t_i^v}{T_{ст}} \quad \text{и} \quad P_i^p = \frac{t_i^p}{T_{ст}} \quad (2.2)$$

где  $t_i^v$  и  $t_i^p$  – время действия  $i$ -го опасного фактора и время нахождения работающего в зоне действия  $i$ -го опасного фактора за время рабочей смены  $T_{ст}$ .

Вероятность действия на работающих  $i$ -го опасного фактора рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{vi} = P_i^v \cdot P_i^p = \frac{t_i^v}{T_{ст}} \cdot \frac{t_i^p}{T_{ст}} = \frac{1}{T_{ст}^2} \cdot (t_i^v \cdot t_i^p) \quad (2.3)$$

При наличии  $n$  опасных факторов вероятность их действия определяется по формулам:

$$P_v(n) = P_{vn} + P_{vn-1} - P_{vn} \cdot P_{vn-1} \quad (2.4)$$

Зная вероятности действия опасных факторов на работающих, можно определить опасность производственную процесса в целом:

$$P_{nn}^0 = \frac{N_1 \cdot P_0(1) + N_2 \cdot P_0(2) + \dots + N_n \cdot P_0(n)}{N} \quad (2.5)$$

где  $N_1, N_2, \dots, N_n$  – количество работающих, подвергающихся действию 1, 2...n факторов;

$P_0(1), P_0(2), \dots, P_0(n)$  – вероятность действия на 1, 2...n факторов;

$N$  – общая численность работающих:

$$N = N_y + N_1 + N_2 + \dots + N_n \quad (2.6)$$

где  $N_y$  – количество работающих, не подвергающихся действию опасных факторов.

### ***Количественная оценка потенциальной вредности производственных процессов***

Вероятность действия  $j$ -го вредного фактора определяется по формуле:

$$P_{bj} = P_j^b \cdot P_j^p \cdot P_j^{nc} \quad (2.7)$$

где  $P_j^b$  – вероятность наличия в рабочей зоне  $j$ -го вредного фактора (вещества);

$P_j^p$  – вероятность нахождения человека в зоне действия  $j$ -го вредного фактора (вещества);

$P_j^{nc}$  – поражающая способность  $j$ -го вредного фактора (вещества).

Вероятность наличия в рабочей зоне  $j$ -го вредного вещества определяется по формуле:

$$P_j^b = \frac{t_j^b}{T_{\text{ст}}} \quad (2.8)$$

где  $t_j^b$  – время действия  $j$ -го вредного вещества в течение рабочей смены.

Вероятность нахождения человека в зоне действия  $j$ -го вредного фактора:

$$P_j^p = \frac{t_j^p}{T_{\text{ст}}} \quad (2.9)$$

где  $t_j^p$  – время нахождения человека в зоне действия  $j$ -го вредного вещества в течение рабочей смены.

Поражающая способность  $j$ -го вредного вещества:

$$P_j^{nc} = \frac{d_j}{D_j} \quad (2.10)$$

где  $d_j$  – фактическое содержание  $j$ -го вредного вещества;

$D_j$  – предельное содержание  $j$ -го вредного вещества.

Предельное содержание - это такое количество вредного вещества, при котором работающие подлежат немедленной эвакуации из опасной зоны.

Подставив в формулу (3.7) значения  $P_j^b$ ,  $P_j^p$ ,  $P_j^{nc}$ , получим

$$P_{bj} = \frac{t_j^b \cdot t_j^p \cdot d_j}{T_{\text{см}}^2 \cdot D_j} \quad (2.11)$$

Вероятность вредного воздействия  $m$  вредных факторов определяется по формуле:

$$P_b(m) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{bj}) \quad (2.12)$$

Зная вероятность действия вредных факторов на работающих, можно определить вредность производственного процесса в целом:

$$P_{nn}^b = \frac{N_1 \cdot P_b(1) + N_2 \cdot P_b(2) + \dots + N_n \cdot P_b(m)}{N} \quad (2.13)$$

где  $N_1, N_2, \dots, N_m$  – количество работающих в зоне действия 1, 2... $m$  вредных факторов;

$N$  – общая численность работающих.

$$N = N_b + N_1 + N_2 + \dots + N_m \quad (2.14)$$

где  $N_b$  – количество работающих, не подвергающихся действию вредных факторов.

### ***Экономическая оценка потенциальной опасности и вредности производственных процессов***

Наличие потенциальной опасности и вредности производственных процессов ведет к существенным потерям, которые в общем случае равны:

$$V_{nn} = V_{no} = V_{nb} \quad (2.15)$$

где  $v_{no}$  – потери, обусловленные действием опасных факторов;

$v_{nb}$  – потери, обусловленные действием вредных факторов.

Потери от действия  $n$  опасных факторов за время «жизни» производственного процесса ( $T$ ) определяются, по формуле:

$$v_{no} = \frac{T}{T_{cm}} \sum_{i=1}^n (N_i^y \cdot P_v(i) \cdot C_{vi}) \quad (2.16)$$

где  $N_i^y$  – количество работающих в зоне действия  $i$ -го числа вредных факторов;

$P_v(i)$  – вероятность действия  $i$ -го числа вредных факторов;  
 $C_{vi}$  – потери от действия на работающих  $i$ -го числа вредных факторов;  
 $n$  – количество вредных факторов.

Потери от действия  $m$  вредных факторов за время «жизни» производственного процесса ( $T$ ) равны:

$$v_{nm} = \frac{T}{T_{cm}} \sum_{j=1}^m (N_j^b \cdot P_b(j) \cdot C_{bj}) \quad (2.17)$$

где  $N_j^b$  – количество работающих в зоне действия  $j$ -го числа вредных факторов;

$P_b(j)$  – вероятность действия  $j$ -го числа вредных факторов;  
 $C_{bj}$  – потери от действия на работающих  $j$ -го числа вредных факторов;  
 $m$  – количество вредных факторов.

Подставив в формулу (2.15) значения  $v_{no}$  и  $v_{nb}$  получим суммарные потери:

$$v_{nm} = \frac{T}{T_{cm}} \left[ \sum_{i=1}^n (N_i^v \cdot P_v(i) \cdot C_{vi}) + \sum_{j=1}^m (N_j^b \cdot P_b(j) \cdot C_{bj}) \right] \quad (2.18)$$

### ***Индивидуальное задание***

*(Номер варианта соответствует порядковому номеру в журнале)*

1. Дать количественную оценку потенциальной опасности производственного процесса, имеющего технологические переходы в зоне действия кинетической энергии (автодорога и подъездной железнодорожный путь). Время нахождения работающих в зоне действия кинетической энергии: автодороги  $t_p$  (ч); подъездного пути  $t_p$ (ч). Количество переходов одним работающим: автодороги  $t_1$  железнодорожного пути  $t_2$ . Интенсивность

движения: автомашин  $n_1$ , (1/ч), железнодорожных составов  $n_2$  (1/ч). Продолжительность рабочей смены  $T_{cm}$  (ч). Общее количество работающих  $N$  (чел), из них  $N_1$ , (чел) выполняют опасные операции. Исходные данные в табл. 2.2.

Определить вероятность нахождения работающих в зоне движения автотранспорта по формуле:

$$P_1^p = \frac{t_1^p \cdot m_1}{T_{ст}}$$

Определить вероятность нахождения работающих в зоне движения железнодорожных составов:

$$P_2^p = \frac{t_2^p \cdot m_2}{T_{ст}}$$

Определить вероятность проследования автотранспортом места возможного перехода работающими автодороги:

$$P_1^v = \frac{n_1 \cdot t_1^p \cdot T_{cm}}{T_{ст}} = n_1 \cdot t_1^p$$

Определить вероятность проследования железнодорожного составом места возможного перехода работающими железнодорожного пути:

$$P_2^v = \frac{n_2 \cdot t_2^p \cdot T_{cm}}{T_{ст}} = n_2 \cdot t_2^p$$

Определить вероятность действия на работающих первого опасного фактора (автодорога):

$$P_{v1} = P_1^v \cdot P_1^p$$

Определить вероятность действия на работающих второго опасного фактора (подъездной железнодорожный путь):

$$P_{v2} = P_2^v \cdot P_2^p$$

Определить вероятность совместного действия двух опасных факторов:

$$P_v(2) = P_{v2} + P_{v1} - P_{v2} \cdot P_{v1}$$

Определить потенциальную опасность производственного процесса

$$P_{nn}^0 = \frac{N_1 \cdot P_0(1) + N_2 \cdot P_0(2)}{N}$$

Таблица 2. 2 Варианты заданий

Вариант	Исходные данные								
	$t_1^p$ , ч	$t_2^p$ , ч	$m_1$	$m_2$	$n_1$ , 1/ч	$n_2$ , 1/ч	$T_{см}$ , ч	N, чел	$N_1$ , чел
1	$6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	8	25	4	2	8	112	50
2	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	9	30	5	3	6	99	42
3	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	10	22	6	4	8	102	44
4	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	8	12	8	5	6	93	38
5	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	11	20	3	2	8	100	43
6	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	9	10	5	5	6	96	40
7	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	13	24	8	3	8	119	54
8	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	8	14	12	4	6	88	35
9	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	10	20	7	2	8	106	46
10	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	11	30	6	2	6	115	52
11	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	10	20	11	3	8	87	34
12	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	12	24	5	4	6	90	36
13	$6 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	15	26	6	2	8	110	49
14	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$	13	17	10	3	6	82	31
15	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	14	19	2	4	8	107	47
16	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	10	15	10	5	6	84	33
17	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	12	28	3	4	8	117	53
18	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$	8	16	5	3	6	71	39
19	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$	9	21	4	2	8	80	30
20	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	8	22	9	4	6	77	45

2. Дать количественную оценку потенциальной вредности производственного процесса, при котором в воздух рабочей

зоны выделяются бензол, оксид углерода и аэрозоль алюминия. Продолжительность рабочей смены  $T_{cm}$  (ч). Время действия вредного фактора  $t_j^b$  (ч). Время нахождения человека в зоне действия вредного фактора в течение рабочей смены  $t_j^p$  (ч). Фактическое содержание  $j$ -го вредного вещества  $d_j$ , (мг/м<sup>3</sup>). Предельное содержание  $j$ -го вредного вещества  $D_j$  (мг/м<sup>3</sup>). Количество работающих в зоне действия вредных факторов  $N_m$ (чел). Количество работающих, не подвергающихся действию вредных факторов  $N_b$  (чел). Общая численность работающих  $N$ (чел). Исходные данные в табл. 2.3.

Таблица 2.3 Варианты заданий

Исходные данные		Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{j1}^b$ , ч	бензол	2,0	1,5	2,5	1,2	3,0	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4
$t_{j1}^p$ , ч		1,5	1,5	2,0	1,2	2,0	1,7	1,5	1,0	1,8	2,4
$d_{j1}$ , мг/м <sup>3</sup>		10	9	18	15	10	15	10	8	12	15
$D_{j1}$ , мг/м <sup>3</sup>		15	10	20	16	11	19	17	12	14	18
$N_1$ , чел		20	10	20	10	30	20	15	40	10	15
$t_{j2}^b$ , ч	оксид углерода	3,0	1,0	2,0	1,5	2,5	3,0	1,4	2,0	1,8	1,3
$t_{j2}^p$ , ч		2,5	0,5	1,5	1,5	2,0	3,0	1,0	2,0	0,8	0,9
$d_{j2}$ , мг/м <sup>3</sup>		30	30	25	35	30	25	35	35	40	45
$D_{j2}$ , мг/м <sup>3</sup>		40	35	30	40	35	30	38	37	45	50
$N_2$ , чел		30	20	30	20	20	10	40	10	20	15
$t_{j3}^b$ , ч	алюминий	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,5	3,3	3,7	4,0	3,1
$t_{j3}^p$ , ч		2,0	3,0	4,0	3,0	2,0	5,0	3,0	4,0	2,0	2,0
$d_{j3}$ , мг/м <sup>3</sup>		5,0	5,0	4,0	4,	3,0	5,0	6,0	6,0	4,0	8,0



$D_{j3},$ мг/м <sup>3</sup>		8	7	6	5	4	6	8	7	5	9
$N_3,$ чел		20	40	20	30	20	40	10	10	25	20
$N_B,$ чел		50	30	40	60	30	40	55	30	70	70
$T_{cm},$ ч		8	6	8	6	8	6	8	6	8	6

Исходные данные		Варианты									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$t_{j1}^b,$ ч	бензол	2,5	2,3	1,7	1,5	3,0	2,2	1,2	2,6	1,1	1,3
$t_{j1}^p,$ ч		2,4	2,0	1,5	1,5	2,0	2,1	1,2	1,3	1,0	1,3
$d_{j1},$ мг/м <sup>3</sup>		8	10	12	14	9	19	10	15	18	13
$D_{j1},$ мг/м <sup>3</sup>		2,4	12	13	16	11	20	13	17	20	15
$N_1,$ чел		10	20	10	20	10	30	20	20	30	20
$t_{j2}^b,$ ч	оксид углерода	1,2	1,0	2,2	3,0	1,4	1,6	2,4	2,0	1,5	1,8
$t_{j2}^p,$ ч		1,2	0,9	2,0	2,8	1,0	1,5	2,2	2,0	0,8	0,9
$d_{j2},$ мг/м <sup>3</sup>		30	25	33	28	35	32	35	30	30	25
$D_{j2},$ мг/м <sup>3</sup>		35	30	35	30	40	36	45	40	38	30
$N_2,$ чел		20	10	12	15	30	14	22	30	32	15
$t_{j3}^b,$ ч	алюминий	3,6	3,2	4,0	3,1	3,7	3,5	3,8	3,5	3,9	3,0
$t_{j3}^p,$ ч		2,0	2,2	3,0	3,0	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	2,8
$d_{j3},$ мг/м <sup>3</sup>		3	3	4	4	5	5	6	7	7	6
$D_{j3},$ мг/м <sup>3</sup>		4	5	5	6	6	6	7	8	8	8
$N_3,$ чел		25	30	40	20	35	10	10	20	20	25
$N_B,$ чел		40	45	50	55	30	70	20	50	30	60

Т <sub>см,ч</sub>		6	6	8	6	8	6	8	6	8	6
-------------------	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Методические указания к решению задачи

1. Определить вероятность наличия в рабочей зоне каждого вредного вещества  $P_j^b$  по формуле (2.8).
2. Определить вероятность нахождения человека в зоне действия каждого вредного вещества  $P_j^p$  по формуле (9).
3. Определить поражающую способность каждого вредного вещества  $P_j^{nc}$  по формуле (2.10).
4. Определить вероятность действия каждого вредного вещества  $P_b$  по формуле (2.7)
5. Определить вероятность воздействия всех вредных факторов по формуле (2.12).
6. Определить вредность производственного процесса в целом по формуле (2.13).
7. По таблице 2.4 установить классы опасности вредных веществ и виды их действия на организм человека.
8. Сделать выводы.

3. Дать экономическую оценку потенциальной опасности и вредности производственных процессов. Потери от действия на работающих  $i$ -го числа опасных факторов  $C_{vi}$ . Потери от действия на работающих  $j$ -го числа вредных факторов  $C_{bj}$ . Время «жизни» производственного процесса  $T$  (лет). Исходные данные в таблице 2.4.

Таблица 2. 4 Характеристики вредных веществ

Наименование веществ	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Агрегатное состояние	Класс опасности	Действие на человека
Бензол +	15/5	П	2	К
Оксид углерода	20	П	4	О
Алюминий	2	А	3	Ф

*Примечания:*

- 1) + – требуется специальная защита кожи и глаз.

- 2) Значение ПДК через черту означает, что в числителе дана максимальная величина, а в знаменателе - среднесменная ПДК.
- 3) П – пары и (или) газы. А – аэрозоль. К – канцерогены. Ф – аэрозоли фиброгенного действия (на верхние дыхательные пути и легкие). О – вещество с остронаправленным действием, требующее автоматического контроля за его содержанием в воздухе.

#### Методические указания к решению задачи

1. Определить потери от действия опасных факторов за время «жизни» производственного процесса  $v_{no}$  по формуле (2.16).
2. Определить потери от действия вредных факторов за время «жизни» производственного процесса  $v_{nb}$  по формуле (2.17).
3. Определить суммарные потери по формуле (2.15) или (2.18).
4. Сделать выводы.

Таблица 2.5 Варианты заданий

Вариант	Исходные данные					
	$C_{v1}$ , тыс. руб. (автодорога)	$C_{v2}$ , тыс. руб (ж/д)	$C_{b1}$ , тыс. руб (бензол)	$C_{b2}$ , тыс. руб (оксид углерода)	$C_{b3}$ , тыс. руб (алюминий)	T, лет
1	50	60	70	50	60	10
2	60	70	60	40	50	12
3	70	80	50	30	40	15
4	40	50	80	60	70	14
5	55	65	75	40	50	17
6	65	75	65	30	45	16
7	70	80	60	20	40	20
8	75	85	55	25	45	18
9	50	60	60	20	50	25
10	60	70	70	20	40	15
11	30	50	60	70	40	11
12	40	30	55	50	60	14
13	55	50	50	30	50	18
14	50	40	70	20	40	10

15	45	35	80	25	65	16
16	60	45	75	35	45	12
17	75	55	60	60	45	14
18	50	60	50	55	65	25
19	70	75	65	40	50	10
20	60	70	80	20	50	16

### *Практическая работа № 3*

#### **Определение состава выбросов, сбросов и отходов по результатам расчета материального баланса**

Цель работы: освоить процедуру составления материального баланса для производственного объекта, отдельных подразделений, технологических процессов, участков, оборудования.

#### ***Методические указания к решению задач***

Одним из наиболее информативных методов анализа экологических аспектов, связанных с работой производственного объекта, оценки величины воздействия на окружающую среду, является метод, базирующийся на составлении материальных балансов. Он позволяет получить полную картину по эффективности использования сырья, технологического оборудования, систем очистки выбросов и сточных вод, размещения и обезвреживания отходов. Данные по составу материальных потоков, полученные при составлении материального баланса, используются при инвентаризации выбросов, сбросов, отходов, выявлении экологических аспектов при создании системы менеджмента окружающей средой. Сравнение результатов производственных наблюдений и расчета материального баланса по составу входных и выходных потоков позволяет оценить достоверность данных, представленных в учетной документации, выявить недостатки в организации и осуществлении процесса производства.

Материальный баланс может составляться как для предприятия в целом, так и для отдельных подразделений, технологических процессов, участков, оборудования, по основному сырью, отдельным компонентам, веществам, элементам. Предметом пристального внимания при составлении материальных балансов должны быть опасные вещества, а также операции и процессы, где они производятся, используются или хранятся. Разновидностью материального баланса является балансовая схема водопотребления и водоотведения производственного объекта.

Материальный баланс для отдельных подразделений, технологических процессов, участков, оборудования составляется на основании технологической схемы, схемы (блок-схемы) материальных потоков, которые отражают все входящие и выходящие материальные потоки. Перед составлением материального баланса необходимо оценить полноту имеющихся данных в части возможности определения для каждой стадии количественных показателей входящих и выходящих потоков, привести имеющиеся данные к единым единицам измерения.

При составлении материального баланса для действующего объекта необходимо собрать данные о входящих и выходящих потоках, которые содержатся в месячных, квартальных или годовых отчетах, журналах первичного учета; данные бухгалтерского учета, данные службы охраны окружающей среды предприятия; информацию об удельных расходах сырья, материалов, нормативах безвозвратных потерь.

Результаты расчета материального баланса оформляются в виде таблицы (приход-расход), диаграммы. В таблице в качестве статей расхода обязательно должны быть представлены продукция (полуфабрикаты), выбросы в атмосферу, сбросы со сточными водами, отходы (если они имеются). По данным материального баланса определяются удельные нормы (на единицу перерабатываемого сырья, выпускаемой продукции и т.п.) выбросов, сбросов, отходов. Решение задач по определению качественного и количественного состава потоков загрязняющих

веществ, поступающих в окружающую среду, начинается с составления схемы (блок-схемы), на которой должны быть отражены все стадии (операции) технологического процесса с указанием входящих и выходящих материальных потоков (в том числе выбросов, сбросов, отходов), образующихся на каждой стадии (рис.3.1). Это позволит выбрать правильный алгоритм решения и найти искомые показатели. Расчет материального баланса ведут последовательно по каждой стадии, начиная с «начала» или «конца» (выходного потока) процесса.

В задачах 1, 2 расчет материального баланса следует проводить по двум основным компонентам: воде и сухому веществу, содержащимся в сточных водах, осадке или добавляемым с реагентами. Необходимо учесть, что осадки являются влажными, а реагенты применяются в виде рабочих растворов (суспензий), т.е. с этими компонентами в процесс также поступает или удаляется вода. Для определения количественных характеристик входящих и выходящих материальных потоков по стадиям процесса в задаче 2 расчет необходимо вести и с «начала» и «конца» процесса.

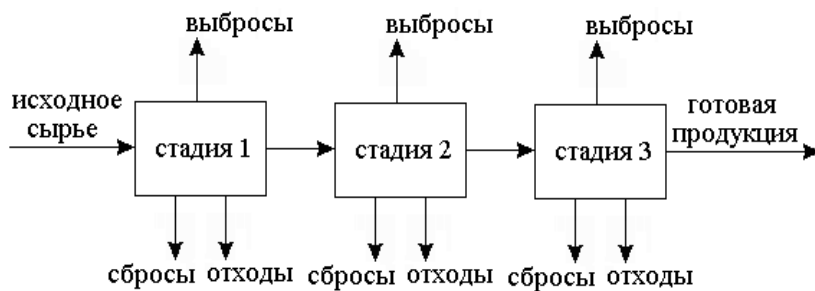


Рисунок 3.1- Схема материального потока технологического процесса

В задаче 3, после выбора в соответствии с вариантом способа нанесения лакокрасочного покрытия, следует определить массовые доли летучих растворителей и лакокрасочного аэрозоля, выделяющихся при окраске и сушке в соответствии с табл. 3.1.

Характеристика водопотребления и водоотведения предприятия с указанием расходов и качества потребляемой воды, объемов и категории отводимых сточных вод оформляется в виде водного баланса.

Водный баланс может быть составлен на основе удельных норм водопотребления и водоотведения. Удельные нормы водопотребления и водоотведения – это установленное для определенного производства целесообразное количество потребляемой воды или отводимых сточных вод на единицу перерабатываемого сырья, производимой продукции, в единицу времени работы оборудования, одного работающего.

Произведение удельной нормы на соответствующий показатель (объем выпуска продукции, число работников, рабочих дней и др.) позволяет определить годовой объем водопотребления и водоотведения.

Таблица 3.1 Выделение загрязняющих веществ при нанесении лакокрасочных покрытий

Способ нанесения покрытия	Доля лакокрасочного аэрозоля, выделяющегося при нанесении покрытия, % от массы твердой части ЛКМ	Доля летучих растворителей, % от общего их содержания в ЛКМ, выделяющихся при:	
		окраске	сушке
Пневматический	30	25	75
Безвоздушный	2,5	23	77
Гидроэлектростатический	1,0	25	75
Пневмоэлектростатический	3,5	20	80
Электростатический	0,3	50	50

При расчете расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды удельная норма составляет 25 и 45 л/смену (сутки) на человека соответственно для холодных и горячих цехов (производств). В

соответствии с действующими нормами и правилами объем хозяйственно-бытовых сточных вод следует принимать равным расходу воды на хозяйственно-питьевые нужды.

Безвозвратное потребление и потери воды определяются как разность между объемами водопотребления и водоотведения без учета количества воды в оборотной системе водоснабжения.

### *Контрольные задачи*

**Задача 1.** На сооружениях механической очистки сточных вод производится очистка от взвешенных веществ. Перед подачей на отстаивание в сточные воды дозируются коагулянт (расход 100 мг сухого вещества коагулянта на литр сточной воды) и флокулянт (расход 10 мг сухого вещества флокулянта на литр сточной воды). Реагенты вводятся в сточную воду в виде водных растворов. Концентрации растворов: коагулянта – 5%, флокулянта – 0,1% масс. Содержание взвешенных веществ в загрязненных сточных водах  $C_{исх}$ , г/м<sup>3</sup>. Степень очистки от взвешенных веществ составляет  $\mathcal{E}$  % (табл. 3.2). Осадок, удаляемый из отстойников, имеет плотность 1040 кг/м<sup>3</sup>, влажность  $W$ %. Определить объем очищенных сточных вод, если объем загрязненных сточных вод составляет  $Q_{исх}$ , м<sup>3</sup>/год. Также определить количество влажного осадка, образующегося на 1 м<sup>3</sup> очищаемых сточных вод. При расчетах принять, что добавляемые реагенты полностью переходят в осадок. Плотность сточных вод и растворов реагентов принять равной 1005 и 1010 кг/м<sup>3</sup> соответственно. Результаты расчетов представить в виде блок-схемы с указанием расходов материальных потоков (рис. 3.1).

Таблица 3.2 Исходные данные и варианты задачи 1

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{исх}$ , тыс.	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100



М <sup>3</sup> /год	2100	1800	1700	1450	1250	2200	1900	1600	1500	1400
С <sub>исх</sub> , Г/М <sup>3</sup>	98,5	98	97,5	97	96,5	98,5	98	97,5	97	96,5
Э, %	93	94	95	96	93,5	94,5	95,5	92	92,5	96,5
W, %	93	94	95	96	93,5	94,5	95,5	92	92,5	96,5

**Задача 2.** На сооружениях очистки сточных вод образуется осадок, который перед удалением в шламонакопитель последовательно проходит стадии кондиционирования, обезвоживания и стабилизации. Кондиционирование производится при помощи флокулянта (расход 5 кг сухого вещества реагента на 1 т сухого вещества осадка). Концентрация рабочего раствора флокулянта 0,1% масс. Обезвоживание производится на вакуум-фильтрах. Для стабилизации к осадку добавляют известь в количестве 10% (по СаО) от массы сухого вещества осадка. Содержание СаО в реагенте, добавляемой к осадку, 55%. Определить объем фильтра и содержание в нем взвешенных веществ, если до обработки количество осадка составляло  $Q_n$ , т/год при влажности  $W_n$  %, после всех стадий обработки  $Q_k$ , т/год влажностью  $W_k$  % (табл. 3.3). При расчетах принять, что добавляемые реагенты полностью переходят в твердую фазу осадка. Результаты расчетов представить в виде блок-схемы по форме, приведенной на рис. 3.1.

Таблица 3.3 Исходные данные и варианты задачи 2

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_n$ , т/год	1500	10 000	2200	3000	5000	2400	3500	4800	5500	7500
$W_n$ , %	97,7	97	97,8	97,5	97,2	97,1	97,4	97,3	97,9	97,6
$Q_k$ , т/год	115	1050	205	305	515	251	345	520	508	670
$W_k$ , %	67	68,5	74	73	70	69,5	71	72,5	75	70,5

**Задача 3.** Рассчитать валовые (годовые) выбросы в атмосферу на участке нанесения лакокрасочных покрытий (ЛКП) способом, указанным в табл. 3.4. Производительность участка составляет  $Q$ , м<sup>2</sup> покрытия в год. Технологическая схема процесса включает операции нанесения (покраски) и сушки покрытия. В случае применения пневматического способа выбросы от стадии нанесения покрытия очищаются в гидрофилт্রে со степенью улавливания 85% по аэрозольным частицам и 10% по парам органических соединений. Для других способов нанесения ЛКП очистка выбросов не производится. На участке используется лакокрасочный материал (ЛКМ), приготовленный путем смешения эмали и растворителя (разбавителя) в соотношении 2:1. Состав исходных ЛКМ приведен в табл. 3.5. Расход готового к использованию ЛКМ составляет  $m$ , г/м<sup>2</sup> покрытия. Определить валовое (годовое) и удельное (на 1 м<sup>2</sup> покрытия) количество влажного шлама, удаляемого из гидрофилтра, если известно, что содержание сухого вещества (твердая составляющая ЛКМ, уловленная в гидрофилт্রে) в шламе составляет 10%. Результаты расчетов представить в виде блок-схемы по форме, приведенной на рис. 3.1.

Таблица 3.4 Исходные данные и варианты задачи 3

Вар	Способ нанесения ЛКП	ЛКМ: эмаль растворитель	$Q$ , тыс. м <sup>2</sup> /год	$m$ , г/м <sup>2</sup>
1	Пневмоэлектростатич.	ПЭ-220 РП	1200	510
2	Пневматический	ПФ- 115 РС-2	1000	360
3	Безвоздушный	МЛ-158 РС- 2	1100	540
4	Пневматический	АС-182 РС-2	900	450
5	Пневмоэлектростатич.	МЛ-165 РП	950	330
6	Пневматический	ПЭ-220 Р-10	800	390
7	Безвоздушный	ПФ-115 Р-10	1050	420
8	Пневматический	МЛ-158 РКБ-1	1400	480
9	Безвоздушный	АС-182 Р-10	1150	270
10	Пневматический	МЛ-165 РКБ- 1	1500	300

**Задача 4.** Используя данные об объеме выпуска продукции и численности персонала (табл. 3.6, 3.7), определить объемы водопотребления и водоотведения по категориям качества потребляемой и отводимой воды для предприятия. «Горячие» цехи работают 365 дней в году, «холодные» – 255. Определить расход воды в оборотной системе водоснабжения и безвозвратное потребление и потери воды.

Результаты расчетов представить по форме, приведенной в табл. 3.8.

Таблица 3.5 Состав лакокрасочных материалов

Марка ЛКМ	Доля твердой составляющей в ЛКМ, %	Доля летучей части в ЛКМ, %	Наименование вещества, входящего в летучую часть ЛКМ	Содержание веществ в летучей части ЛКМ, %
Эмаль МЛ-158	53	47	н-бутанол	37,03
			уайт-спирит	30,72
			ксилол	32,25
Эмаль МЛ-165	49	51	н-бутанол	35,92
			уайт-спирит	0,68
			ксилол	63,4
Эмаль ПЭ-220	65	35	ацетон	89
			толуол	7
			ксилол	4
Эмаль АС-182	53	47	ксилол	85
			уайт-спирит	5
			сольвент	10
Эмаль ПФ-115	62	38	уайт-спирит	59,7
			ксилол	39,7
			ацетон	0,6
Растворитель РС-2	0	100	ксилол	30
			уайт-спирит	70

Растворитель Р-10	0	100	ацетон ксилол	15 85
Растворитель РКБ-1	0	100	н-бутанол ксилол	50 50
Разбавитель РП	0	100	ацетон ксилол	25 75

Таблица 3.6 Варианты задачи 4

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ цехов в составе предприятия	1, 2, 3	2, 3, 4	3, 4, 5	4, 5, 6	5, 6, 7	6, 7, 8	7, 8, 9	1, 4, 7	2, 5, 8	3, 6, 9
Объем выпуска продукции, единиц в год	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600

Таблица 3.7 Численность работающих, условия производства и цеховые нормы водопотребления и водоотведения на производственные нужды

№ цеха	Кол-во работающих в смене	Сменность работы	Условия цеха	Норма водопотребления, м <sup>3</sup> /ед. продукции, в том числе			Норма водоотведения, м <sup>3</sup> /ед. продукции, в том числе	
				свежая вода		оборотная	загрязненные	Нормативно-чистые
				техническая	питьевая			
1	40	1	холод.	1,5	–	8,5	–	1,2
2	45	3	горяч.	2,5	0,5	15	0,4	2,2
3	50	2	холод.	2,0	1,5	–	3,4	–
4	55	3	горяч.	3,0	–	5,5	–	2,5
5	60	1	холод.	3,5	1,0	3,5	1	3,3

6	65	3	горяч.	4,0	2,5	–	3,8	2,4
7	70	2	холод.	4,5	–	9,5	4,2	–
8	75	3	горяч.	5,0	2,0	12	4,8	1,5
9	80	1	холод.	5,5	4,0	–	–	8,8

Таблица 3.8 Характеристика водопотребления и водоотведения предприятия

Водопотребление, м <sup>3</sup> /год, в том числе				Водоотведение, м <sup>3</sup> /год, в том числе			Безвозвратное потребление и потери воды, м <sup>3</sup> /год
На производственные нужды			На хозяйственно-питьевые нужды	Производственные сточные воды		Хозяйственно-бытовые сточные воды	
Свежая вода				загрязненные	нормативно-чистые		
техническая	питьевая	всего	Оборотное водоснабжение				

#### *Практическая работа № 4*

### **Определение уровня загрязнения грунтовых вод нефтью и проведение рекультивационных работ после аварии на нефтепроводе**

Цель работы:

1. Освоить методику определения уровня загрязнения грунтовых вод нефтью.
2. Ознакомиться с современными основными способами очистки природных вод от нефтепродуктов.

3. Определить концентрацию нефти в грунтовых водах, после аварии на нефтепроводе, с помощью аналитического метода анализа – хромато-масс-спектрометрии, методом внутренней нормализации.

4. Дать экологическую оценку состояния грунтовой воды и выбрать оптимальную технологию проведения рекультивационных работ на местности.

### *Теоретическая часть*

Загрязнение природной среды нефтью и продуктами ее переработки - одна из сложнейших проблем. Ни один другой загрязнитель, как бы опасен он не был, не может сравниться с нефтью по широте распространения, количеству источников загрязнения, величине одновременных нагрузок на все компоненты природной среды во время аварий скважин и нефтепроводов.

Техногенные потоки углеводородов в ландшафтах, приводят к потере продуктивности земель, деградации растительности и т. д. Для почв и грунтов, сильно загрязненных нефтью характерны неблагоприятные структурные и физико-химические свойства для использования их в хозяйственных целях. Отдавая сорбированные углеводороды в виде растворенных продуктов, эмульсий испарений, загрязненные почвы служат постоянным вторичным источником загрязнений других компонентов окружающей среды: воды, воздуха, растений и животных.

Для проведения очистки окружающей среды от нефтепродуктов разработаны различные методы рекультивации земель, грунтовых и поверхностных вод. Так, максимальная безопасная концентрация нефтепродуктов в почве и грунте, когда не требуются какие-либо мероприятий по санации, должна быть не более 1000 мг/кг. Уровень загрязнения почв и грунтов, выше которого требуются интенсивные мероприятия по санации и рекультивации почв находятся в пределах от 1000 до 10000 мг/кг. При загрязнении от 1000 до 10000 мг/кг требуется мягкие мероприятия по усилению процессов самоочищения: устранение источ-

ников загрязнения, рыхление, увлажнение, аэрация и т. д. В течении года содержание нефтепродуктов снизится до безопасного уровня. При уровне загрязнения  $> 10000$  мг/кг требуется выбор оптимальной технологии рекультивации и санации.

Содержание нефтепродуктов в речных, озерных, морских, подземных водах и атмосферных осадках колеблется в широких пределах и составляет сотые или десятые доли мг/л. В незагрязненных нефтепродуктами водных объектах концентрация естественных углеводов колеблется от 0,01 до 0,1 мг/л, в реках и озерах от 0,01 до 2 мг/л, иногда 1–1,5 мг/л.

### ***Основные характеристики состава нефти***

Рассмотрим основные характеристики состава нефти, определяющие ее влияние на почвы и живые организмы и особенности трансформации в биосфере. Техногенное влияние нефти на природную среду зависит от содержания:

- 1 – легкой фракции (НК – 200°C);
- 2 – циклических углеводов;
- 3 – твердых парафинов;
- 4 – смол и асфальтенов;
- 5 – серы.

Легкая фракция, куда входят наиболее простые по строению и низкомолекулярные метановые (алканы), нафтеновые (циклопарафиновые) и ароматические углеводороды – наиболее подвижная часть нефти.

*Метановые углеводороды* – сильнейшие наркотики. Они оказывают сильное токсическое действие на живые организмы, находясь в почвах, водной и воздушной средах. Особенно быстро действуют нормальные алканы с короткой углеродной цепью, содержащиеся в основном в легких фракциях нефти. Эти углеводороды лучше растворимы в воде, легко проникают в клетки организмов через мембраны и дезорганизуют цитоплазматические мембраны организма.

Содержание *твердых метановых углеводородов (парафина)* в нефти (от очень маленьких величин до 15–20%) – очень важная характеристика при изучении нефтяных разливов на почвах. Твердый парафин не токсичен для живых организмов, но благодаря высоким температурам застывания (+18°C и выше) и растворимости в нефти в условиях земной поверхности переходит в твердое состояние, лишая нефть подвижности.

К *циклическим углеводородам* в составе нефти относятся нафтеновые (циклоактаны) и ароматические углеводороды (арены). Общее содержание нафтеновых углеводородов в нефти от 35% до 60%. О токсичности нафтенов сведений почти не имеется. Вместе с тем имеются данные о их стимулирующем действии на организм.

Содержание *ароматических углеводородов* в нефти изменяется от 5% до 55%, чаще всего от 20% до 40%. Основную массу ароматических структур составляют моноядерные углеводороды – гомологи бензола. *Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)*, т. е. углеводороды, состоящие из двух и более ароматических колец, содержатся в нефти в количестве от 1 до 4%. Среди голаядерных ПАУ большое внимание следует обратить на *3,4-бензопирен (БП)*, как наиболее распространенному представителю канцерогенных веществ. В сырой нефти, не подвергавшейся значительному термическому воздействию БП, обнаруживается редко, количество его резко возрастает в продуктах переработки нефти.

Ароматические углеводороды – наиболее токсичные компоненты нефти. В концентрации всего 1% в воде они убивают все водные растения, нефть, содержащая 38% ароматических углеводородов, значительно угнетает рост высших растений. Известно, что с увеличением ароматичности нефти увеличивается ее гербицидная активность.

*Моноядерные углеводороды – бензол и его гомологи* – оказывают более быстрое токсическое воздействие на организмы, чем полициклические углеводороды. ПАУ медленнее проникают



через мембраны, они действуют более длительное время, являясь хроническими токсинами.

*Смолы* представляют собой вязкие вещества, в них содержится больше водорода и меньше углерода, чем в асфальтенах. *Асфальтены* представляют собой продукт конденсации 2–3 молекул смол. Это твердые вещества, не растворимые в низкомолекулярных углеводородах. Смолы и асфальтены содержат основную часть микроэлементов нефти, в том числе все металлы. Общее содержание микроэлементов в нефти - сотые и десятые доли %. С экологической точки зрения микроэлементы можно разделить на 2 группы: нетоксичные и токсичные.

*Нетоксичные и малотоксичные* – Si, Fe, Al, Mn, Ca, P, составляющие большую часть золы нефти. Другие микроэлементы – V, Ni, Co, Pb, Cu, U, As, Hg, Mo – в случае повышенных концентраций могут оказывать токсическое воздействие на биоценоз.

*Сера* содержится в нефти в количестве от следов до 5–6%. Сернистые соединения оказывают то или иное вредное влияние на живые организмы. Особенно сильным токсическим действием обладают сероводород и меркаптаны. Сероводород присутствует в растворенном состоянии в нефти, может образовываться при загрязнении водоемов и почв с избыточным увлажнением (болота, луга). Сероводород – это сильный нервный яд, вызывающий отравление и летальный исход у животных и человека при высоких концентрациях в воздухе (1 мг/л). ПДК сероводорода в воздухе в присутствии углеводородов – 3 мг/м<sup>3</sup>.

В проводимой практической работе мы подробно остановимся на аналитических методах анализа нефти в водных пробах, а также на технологиях очистки грунтовых вод.

### ***Основные методы аналитического определения нефтепродуктов***

Основным методом определения концентрации органических веществ в пробах окружающей среды является метод хроматографии и его разновидность - хромато-масс-спектрометрия.

Хромато-масс-спектрометрия представляет собой основной интегрированный метод органического анализа, объединяющий два разных аналитических метода: хроматографию и масс-спектрометрию и управляемый ЭВМ.

Хроматограф в этой системе служит для разделения исследуемой смеси на отдельные компоненты, которые затем анализируются масс-спектрометром. Разделение основано на многократном перераспределении молекул между двумя фазами: подвижной и неподвижной. Подвижная фаза может представлять собой газ (газовая хроматография) или жидкость (жидкостная хроматография). Газовая хроматография (ГХ) – наиболее распространенный метод благодаря чувствительности, экспрессности, универсальности, возможности качественного и количественного анализа. Газовая хроматография позволяет разделять смеси соединений разных классов, разного физического состояния, разной молекулярной массы от 2 до 1500 при температурах от  $-70$  до  $500^{\circ}\text{C}$ .

Газохроматографическая система включает колонку с неподвижной фазой, источник газа-носителя, узел ввода образца, термостат колонки, устройства регулирования температуры и потока газа. Разделение смеси происходит в хроматографической колонке, которые бывают трех типов: набивные, микронабивные и капиллярные.

При непрерывном потоке газа-носителя через колонку введенная исследуемая смесь постепенно разделяется на компоненты, передвигающиеся вдоль колонки с разной скоростью. Время прохождения данного вещества через колонку с определенной неподвижной фазой при данных условиях (температура, скорость газа-носителя и т.д.) является характеристикой вещества и может использоваться для его идентификации.

После разделения смеси в колонке хроматографический разделенный поток направляется в масс-спектрометр в камеру ионного источника.

Ионный источник предназначен для генерирования ионов из молекул анализируемых веществ и формирования ионного пучка для последующего анализа ионов по атомным массам.

Положительные ионы, образующиеся из молекул при электронном ударе, направляются в масс-анализатор, где разделяются по величинам  $m/z$ , (масса/заряд), образуя масс-спектр, являющийся своего рода отпечатком пальца для данного вещества и представляющий собой штриховой спектр (рис.4.1).

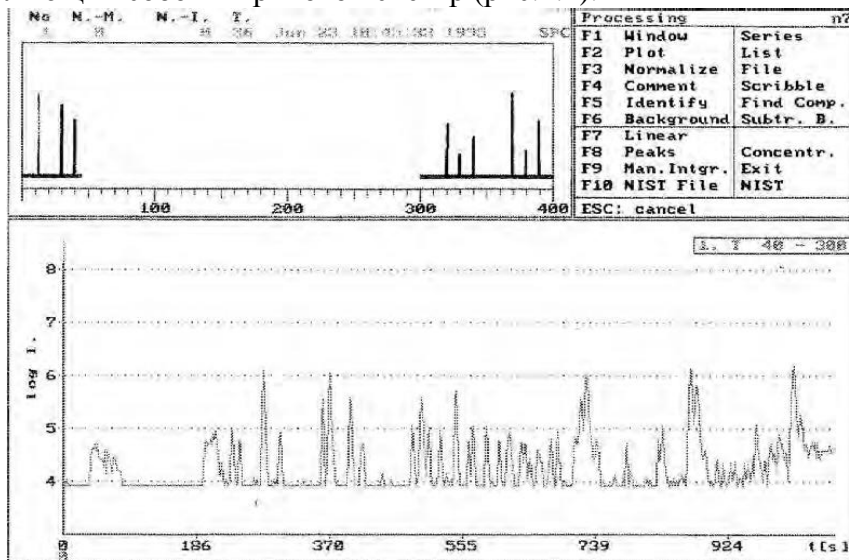


Рисунок 4.1- Хроматограмма и штриховой спектр пробы

В штриховом спектре как отдельные линии, так и соответствующие им интенсивности являются характерными и используются для идентификации. Идентификация веществ происходит посредством сравнения спектра неизвестного вещества с известными спектрами через банк данных компьютера.

Примером такого хромото-масс-пектрометра, может служить мобильный масс-спектрометр ММ-1. Его можно применять для контроля органических промышленных выбросов, для

обнаружения полициклических ароматических углеводородов и полихлорированных бифенилов в почве, для оценки опасности при химических авариях.

Основная функция прибора состоит в измерении и записи спектров неизвестных смесей. При этом используется внешняя система обработки данных: чтобы сохранять, а затем и идентифицировать спектры на основании библиотечных данных программы компьютера. С помощью ММ-1 можно анализировать воздух, почву, пыль, органические и водные растворы с помощью различных сменных пробоотборников.

Основным узлом ММ-1 является газохроматографический пробоотборник, который используется для разделения сложных смесей органических соединений: их собирают на адсорбционных двухступенчатых (тенакс/активированный уголь) трубочках (ловушках). Этот пробоотборник состоит из блока термической десорбции (с регулируемой температурой, максимум до 260<sup>0</sup>С) и печи с программируемым температурным режимом (40–240<sup>0</sup>С). В качестве газа-носителя здесь используется атмосферный воздух, очищенный пропусканием через фильтр.

С помощью переносного насоса, поток анализируемого воздуха с определенной скоростью прокачки пропускается через адсорбционную трубочку-пробоотборник, затем она вводится в десорбционное устройство прибора и нагревается потоком газа-носителя.

После заданного промежутка времени (обычно 45 сек), выделенная газовая смесь всасывается в холодную колонку на определенное время ( $\approx 15$  сек). Хроматографическая колонка (тонкая – несколько мм в диаметре спираль из кварца) нагревается по заданному температурному режиму, в ней происходит разделение газовой смеси на отдельные составляющие и разделенный хроматографический поток направляется в масс-спектрометр.

Результатом анализа является хроматограмма, где каждый пик соответствует одному определенному веществу, его площадь – зависит от концентрации этого вещества, а время выхода

из газохроматографической колонки является для каждого вещества величиной постоянной и говорит о присутствии в смеси какого-то конкретного вещества.

Если необходимо проанализировать жидкую пробу, то проба наливается в газопромывную склянку в которой имеется молекулярный фильтр-«фритта» с азмером пор, через которые проходят только молекулы газообразных веществ (рисунок 4.2).

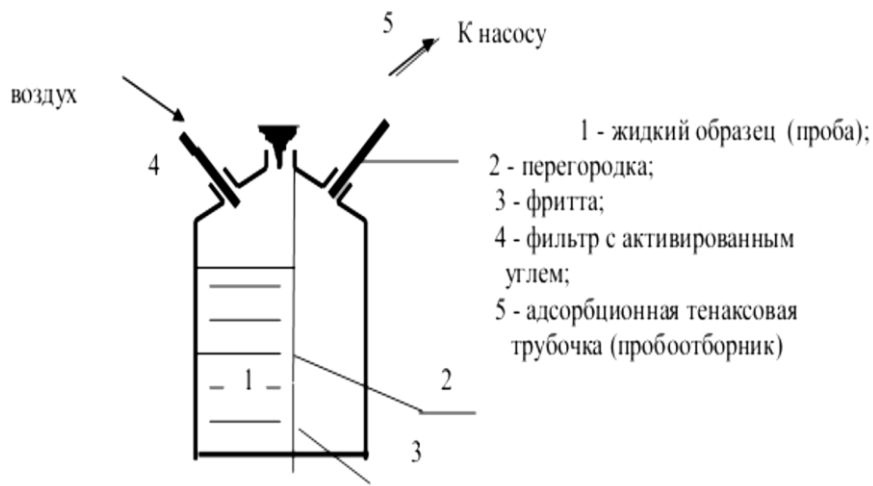


Рисунок 4.2 - Газо-промывная склянка

При помощи насоса (расход 300 мл/мин) в течение 15 минут закачивают через фильтр 4 (трубочка с активированным углем) очищенный воздух в газопромывную склянку и фильтр-фритту. Удаленные при этом из жидкости органические вещества улавливаются на выходе адсорбционной (тенакс/активированный уголь) трубочкой – пробоотборником 5, которая затем и помещается в десорбционный блок газохроматографического пробоотборника ММ-1.

После термической десорбции органических веществ идет процесс их разделения с помощью капиллярной колонки согласно температурной программы и записывается результирующая хроматограмма. Разделенные вещества направляются в масс-спектрометр и одновременно записывается масс-спектр.

Получаемые хроматограммы и масс-спектры дают информацию о физико-химических характеристиках вещества, а также о молекулярной массе и химической структуре.

Идентификация соединений в анализируемой смеси может проводиться на основе полученной хроматограммы по временам удерживания. Идентификация соединений по масс-спектрам осуществляется путем сравнения полного масс-спектра анализируемого вещества или отдельных пиков в нем с масс-спектрами эталонных соединений из банка данных.

Для проведения количественного определения состава анализируемой смеси необходимо получение калибровочных кривых, то есть, для каждого соединения, наряду с полученной на ММ-1 хроматограммой газовой смеси, должны иметься хроматограммы для всех составляющих смесь соединений с известными концентрациями. Текущее программное обеспечение представляет калибровочную кривую в виде графика в координатах концентрация – высота пика (интенсивности).

Однако построение калибровочных кривых требует наличия стандартных растворов огромного количества соединений, что не всегда возможно. Поэтому часто используют полуколичественный анализ, применяя метод так называемой «внутренней нормализации», т.е. проводят расчет концентраций веществ по отношению площади конкретного пика на хроматограмме к сумме площадей пиков всех имеющихся на хроматограмме веществ (приняв сумму площадей всех пиков за 100%).

***Порядок определения концентрации нефтепродуктов в пробе грунтовой воды методом хромато-масс-спектрометрии***

1. В газо-промывную склянку наливается 200 мл пробы грунтовой воды.
  2. При помощи переносного насоса SKS в течение 4 минут пропускается через нее очищенный активированным углем воздух (скорость – 300 мл/мин). Удаленные при этом из воды органические вещества адсорбируются на тенаксовом наполнителе трубочки.
  3. После окончания прокачки трубочка с адсорбированными на ней веществами взвешивается на аналитических весах ( $m_1$ )
  4. Адсорбция на пробоотборники повторяется для всех проб.
  5. Трубочка с адсорбированными веществами вставляется в десорбционный блок хромато-масс-спектрометра ММ-1, включается запуск температурно-временной программы.
- Примечание.* Процесс десорбции веществ из трубочки, их разделение в хроматографической колонке и детектирование веществ в масс-спектрометре в среднем продолжается от 30 до 60 минут. В течение этого времени автоматически записываются хроматограммы и спектрограммы анализируемых веществ.
6. По завершении температурно-временной программы трубочка извлекается из десорбционного блока и взвешивается ( $m_2$ ).
  7. На основе полученных хроматограмм и массспектрограмм с помощью библиотечных данных ММ-1 производится идентификация веществ, имеющих в анализируемой пробе.
  8. Записываются названия идентифицированных веществ и площади их пиков по соответствующим хроматограммам.

### ***Сущность основных современных технологий для очистки (рекультивации) грунтовых вод от нефти***

Рекультивация грунтовых вод – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление хозяйственной ценности загрязненных грунтовых вод, а так же на улучшение условий окружающей среды. Задача рекультивации – снизить содержание нефти и находящихся с ней других токсичных веществ в воде до безопасного уровня.

Как правило, при загрязнении грунтовых вод дополнительные количества загрязняющих веществ обнаруживаются также на поверхности почвенных частиц, находящихся ниже уровня грунтовых вод. Динамика потока грунтовых вод в большинстве встречающихся случаев (низкая скорость потока при незначительном смешивании) способствует просачиванию содержащихся в почве загрязняющих веществ в грунтовые воды в течение длительного периода времени. Поэтому восстановление в этом случае обычно растягивается на годы, но может понадобиться и активное восстановление почвы.

Основные технологии, которые применяются в настоящее время для очистки грунтовых вод, можно охарактеризовать общим термином – «откачка и очистка», поскольку они предусматривают откачку воды на поверхность с целью удержания факела загрязнения. Та или иная технология очистки осуществляется перед сбросом воды обратно в грунт, либо в дренажную систему (канализацию или водоток).

Для сужения поля выбора вариантов очистки необходимо иметь следующую информацию: содержание углеводородов в грунтовых водах в притоке (загрязненная грунтовая вода, поступающая на очистное сооружение), значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ для грунтовых вод в стоке (очищенной воде), для того чтобы определить необходимые нормы очистки и расход потока в системе восстановления.

**1. Метод адсорбции на уголь:** процесс адсорбции на гранулированный активированный уголь (ГАУ) включает обеспечение контакта загрязненного потока воды с активируемым углем, что достигается обычно при пропускании потока через последовательность реакторов с ГАУ. Активированный уголь выборочно адсорбирует вредные составляющие благодаря явлению притягивания к поверхности, при котором органические молекулы притягиваются внутренними пустотами в гранулах угля.



Способность ГАУ адсорбировать большие количества органических молекул из растворов объясняется их высокопористой структурой, которая обеспечивает большую площадь поверхности. Уголь можно активировать с выходом площади поверхности до 2500 м<sup>2</sup>/г, более типичная площадь поверхности – 1000м<sup>2</sup>/г. ГАУ можно получить из углеродистого сырья, такого как уголь, кокс, торф, дерево и ореховая скорлупа.

Наибольшая концентрация растворенного вещества во входном потоке, при котором можно выполнять процесс обработки в постоянном режиме с определенной экономической целесообразностью, составляет 10 мг/л, а 1%-ный раствор загрязненного входного потока считается верхним пределом, при котором возможно применение этой технологии. Взвешенные твердые вещества должны быть удалены путем фильтрации до размера 20–25 мкм до попадания в угольные секции.

Уголь помещают в бак в виде порошка. Поток носителя организуется таким образом, что вода движется сверху вниз. Уголь обычно активируется паром и очень горячим воздухом для удаления любых веществ с его поверхности. Обычно две или более секций устанавливаются последовательно. Когда происходит насыщение, секция удаляется из процесса, и следующая секция перемещается на первую позицию. При обработке грунтовых вод, когда активированный уголь насыщается, его необходимо захоронить, использовать терморегенерацию или регенерацию паром.

Стоимость создания и обеспечения работы системы адсорбции при помощи угля зависит от размера секции, потока обрабатываемой воды и от уровня загрязнения во входном потоке. Следует отметить, что описанный метод дает высокую степень очистки при больших финансовых затратах, поэтому применяется в основном для очистки грунтовых вод с небольшими концентрациями вредных веществ в притоке (т. е. в откачиваемой

для очистки грунтовой воде) и для обеспечения высоких уровней очистки в стоке (т. е. в потоке воды, которая будет возвращаться в подземные горизонты после рекультивации).

**2. Метод биореактора:** для удаления нефтепродуктов из водной среды существует два различных биологических процесса – один происходит в присутствии кислорода (аэробные условия), в то время как другой происходит при отсутствии кислорода (анаэробные условия).

Биореакторы используются для микробиологического расщепления углеводов в жидкости. Для улучшения расщепления могут быть добавлены культуры приспособленных организмов или могут быть использованы только природные организмы, находящиеся в жидкости.

*Аэробные процессы.* Питательные вещества и кислород добавляются в реактор во время процесса очистки и интенсивно перемешиваются для ускорения биореакции.

Существуют две похожие технологии для использования в системе биореактора, при которых загрязнения в извлеченной грунтовой воде приводятся в контакт с микроорганизмами. Две различные системы можно определить как связанную и взвешенную, названия отражают способ образования колоний микробов:

1. Во взвешенных системах загрязненные грунтовые воды циркулируют в насыщенном газом резервуаре, в котором популяция микробов аэробически расщепляет органическое вещество и производит новые клетки. Новые клетки образуют шлам, который попадает в фильтр. Биомасса шлама возвращается в насыщенный газами резервуар. Такая система используется наиболее часто. Обычно ее называют системой с активным шламом.

2. В связанных системах, таких как биологические контакторы и струйные фильтры, микроорганизмы помещаются в инертную матрицу для аэробного расщепления веществ загрязняющих грунтовые воды. Популяция микробов может быть

либо выделена из источника загрязнения, либо получена путем засевания организмов, специфичных для данного загрязнения.

Связанные и взвешенные системы часто используют совместно, комбинированная система обеспечивает более высокую скорость и эффективность биорасщепления.

*Анаэробное вываривание.* Существует класс биореакторов, называемых также «варочным котлом», в котором биологический процесс происходит при отсутствии кислорода. Процесс называется «анаэробным вывариванием» и определяется как последовательный биологический процесс разрушения, при котором углеводороды при отсутствии кислорода преобразуются из сложных в более простые молекулы и в конце концов в двуокись углерода и метан. Процесс обеспечивается группой организмов, которые разрастаются в результате катаболического процесса и захватывают энергии углеводов для роста и репродукции с помощью каталитического присутствия определенных энзимов.

Анаэробное выпаривание имеет несколько преимуществ перед аэробными биологическими процессами – так, энергия для аэрации в этом случае не нужна. Образование твердых веществ при росте биологических клеток примерно в 20 раз меньше, чем при аэробном процессе при меньшей стоимости используемого твердого вещества. Могут быть достигнуты чрезвычайно высокие скорости расщепления органических веществ, и получаемый метан может использоваться для получения энергии или продаваться. Недостатком является то, что иногда требуется значительное время для генерации популяции микробов.

Время, необходимое для очистки загрязненной местности, зависит от многих факторов и очень сильно от почвенных условий и от скорости десорбции загрязнений. Система реактора может быть приспособлена для обработки извлеченных грунтовых вод с любой необходимой скоростью откачивания.

Затраты на очистку биометодом зависят от типа загрязняющих веществ и их концентраций во входящем потоке обрабатываемой воды. Биологическая обработка часто оказывается более экономичной, чем адсорбция с помощью угля.

**3. Окисление под действием ультрафиолета (УФ):** окисление под действием ультрафиолетовых лучей – относительно новая технология, это комбинация двух методов, при которых углеводороды химически распадаются на двуокись углерода и воду. Эта технология эффективна только для прозрачных потоков воды.

УФ излучение, озон или перекись водорода используются для разрушения органических загрязняющих веществ при движении воды в резервуар для обработки. Устройство разрушения под действием озона используется для обработки отходящего из резервуара газа. Озон окисляет выделяемые газы до полностью минерализованных веществ, таких как  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Перекись водорода используется для окисления углеводородов в течение многих лет, этот процесс является эквивалентом химического сжигания вещества. Озон, который является формой кислорода с высокой энергией, также может использоваться для достижения того же результата. Перекись водорода (или озон) внедряется в поток воды и проходит последовательно под УФ лампами для того, чтобы «активировать» окислитель путем передачи энергии молекулам. После этого такая очень активная форма перекиси водорода или озона быстро воздействует на углеводороды. Перекись водорода расщепляет углеводороды на двуокись углерода, воду и ионы хлора (если присутствуют хлорированные углеводороды).

Обычная система окисления под действием УФ лучей состоит из четырех основных компонентов или модулей:

- модуль резервуара для обработки или реактор, содержащий УФ лампы и диффузоры озона;
- генератор озона с модулем сжатого воздуха;

- система химического обеспечения внедрения в реактор перекиси водорода;
- устройство расщепления каталитического озона для обработки отходящего газа и удаления неиспользованного озона.

Мощность используемых систем варьируется от нескольких литров в минуту до нескольких тысяч литров в минуту.

Стоимость самого процесса достаточно велика, что связано с использованием сложного оборудования, необходимости предварительной обработки входящего потока, из-за присутствия взвешенных частиц, стоимости перекиси водорода и озона, а также расходов на электроэнергию.

### ***Практическая часть***

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать концентрацию ароматических нефтеуглеводородов и общее количество нефти в пробе грунтовой воды, используя исходные данные из таблицы 4.1.

1.1. Рассчитать по разнице в массе трубочки до хроматографии и после ( $m_1$  и  $m_2$ ) суммарную массу нефтеуглеводородов, адсорбированных на трубочке для одной пробы воды (исходные данные в таблицах 4.1 и 4.3):

$$m_x = (m_1 - m_2) \cdot 1000, \text{ мг} \quad (1)$$

где:  $m_1$  – масса трубочки с адсорбированными веществами в г;  
 $m_2$  – масса трубочки после десорбции в г.

1.2. Рассчитать, используя полученные данные, общую концентрацию нефтеуглеводородов в пробе по формуле:

$$C_x = m_x / V, \text{ мг/дм}^3 \quad (2)$$

где:  $V$  – объем пробы в л, ( $V = 0,2 \text{ дм}^3$ ).

1.3. На базе исходных данных из таблицы 4.1, таблицы 4.2 и таблицы 4.3, рассчитать массовую долю  $m_{x1}$  в пробе для одного из низкокипящих ароматических углеводородов по формуле:

$$m_{x1} = m_x \cdot S_{\text{пика вещества}} / \sum S, \text{ мг} \quad (3)$$

где:  $S_{\text{пика вещества}}$  - площадь пика данного вещества на хроматограмме (таблица 4.2),

$\Sigma S$  – суммарная площадь пиков всех веществ в пробе по хроматограмме (таблица 4.2).

Таблица 4.1 Исходные данные для определения массы адсорбированных на трубочке-пробоотборнике нефтепродуктов

№ пробы	Объем пробы V, л	Масса трубочки с адсорбированными веществами, $m_1$ , г	Масса трубочки после десорбции, $m_2$ , г	Пределы загрязнения стока (пределы очистки воды)
1	0,2	6,338	6,336	низкие
2	0,2	6,5448	6,542	средние
3	0,2	6,2216	6,220	высокие
4	0,2	6,3101	6,310	очень высокие

Таблица 4.2 Площади пиков ароматических углеводородов (по хроматограмме)

Наименование вещества	Площадь пика, S кв. ед.			
	проба № 1	проба №2	проба №3	проба №4
бензол	1783004	684257	2914444	234932
толуол	5339589	4117262	2106081	1797089
этилбензол	1208561	1281370	834317	910436
ксилол	3996883	4281479	1895483	1560433
все остальные	52786990	31633213	29558941	23342844

1.4. Рассчитать концентрацию данного вещества в пробе по формуле:

$$C_{x1} = m_x / V, \text{ мг/дм}^3 \quad (4)$$

2. Дать экологическую оценку состояния грунтовой воды и выбрать оптимальную технологию очистки загрязненных нефтью грунтовых вод.

2.1. Выбрать технологию рекультивации загрязненных нефтью грунтовых вод, используя данные: пределы загрязнения стока, т.е. пределы очистки воды, заданные в таблице 4.1, полученную расчетную концентрацию нефти  $C_x$  ( $C_x$  – загрязнение в притоке) и справочные данные (значения ПДК) из таблицы 4.4. Записать выбранный метод рекультивации в таблицу 4.6. Обосновать свой выбор.

2.2. Сравнить полученные расчетные концентрации нефти и ароматического углеводорода со значениями их ПДК, дать оценку состояния грунтовых вод.

Таблица 4.3 Исходные данные по вариантам

№ варианта	№ пробы	Наименование вещества
1	1	бензол
2	2	толуол
3	3	этилбензол
4	4	ксилол
5	1	ксилол
6	2	этилбензол
7	3	толуол
8	4	бензол
9	1	этилбензол
10	2	толуол
11	3	ксилол
12	4	бензол
13	1	бензол
14	2	толуол
15	3	этилбензол
16	4	ксилол
17	1	ксилол
18	2	этилбензол
19	3	толуол
20	4	бензол

Таблица 4.4 Значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) и классы опасности для ароматических углеводородов

Название вещества	ПДК, мг/л	Класс опасности	Примечание
Бензол	0,5	2	1 класс – чрезвычайно опасные вещества
толуол	0,5	4	2 класс – высоко опасные вещества
этилбензол	0,01	4	3 класс – опасные вещества
ксилол	0,05	3	4 класс – умеренно опасные
нефть	0,3	4	4 класс – умеренно опасные

Таблица 4.5 Варианты технологий очистки грунтовых вод от нефти, в зависимости от концентраций в притоке и необходимой степени очистки грунтовой воды

Концентрация загрязнения в притоке	ПДК загрязнений стока (мг/дм <sup>3</sup> )			
	низкие <0,001	средние 0,001–0,005	высокие 0,005–0,05	очень высокие >0,05
низкие (<0,5 мг/ дм <sup>3</sup> )	УС	УС,УФ	УС, УФ, БР	УС
средние (0,5-5,0 мг/ дм <sup>3</sup> )	УС	УС,УФ, БР	БР, УФ	УС
высокие (>5,0 мг/ дм <sup>3</sup> )	УС	УС, БР	БР, УФ	УС

Условные обозначения:

УС – угольный слой (активированный уголь)

УФ – ультрафиолет

БР – биореактор

Таблица 4.6 Результаты работы

Характеристики опыта	Результат
№ пробы	
Масса трубочки с адсорбированными веществами, $m_1$ , г	
Масса трубочки после десорбции, $m_2$ , г	
Пределы загрязнения стока	



Масса адсорбированного вещества, $m_x$ , г	
Суммарная площадь пиков в пробе, $\Sigma$	
Площадь пика ароматического углеводорода и его наименование	
Общая концентрация нефтеуглеводородов в пробе, $C_x$ , мг/ дм <sup>3</sup>	
Концентрация заданного вещества в пробе, $C_{x1}$ , мг/ дм <sup>3</sup>	
Превышение концентрации вещества в пробе по сравнению с ПДК	
Выбранная технология очистки грунтовой воды от нефтеуглеводородов (по нефти - $C_x$ )	

### **Контрольные вопросы**

1. Какие существуют основные техногенные воздействия на живые организмы углеводородных составляющих нефти?
2. Какие основные принципы хроматографии?
3. Какие основные принципы хромато-масспектрометрии?
4. Каким образом проводится аналитический анализ углеводородов из водной пробы с помощью тенаксовой трубочки и прибора ММ-1?
5. Какие существуют основные современные методы рекультивации грунтовых вод от нефти?
6. Какими основными критериями определяется выбор той или иной технологии рекультивации?

### *Практическая работа № 5*

#### **Оценка опасности загрязнения гидросферы нитратами**

Цель работы:

- 1.1 Количественное определение содержания нитратов в почве, загрязненной азотными удобрениями.

1.2. Оценка степени загрязнения грунтовых вод при попадании в них полученных концентраций нитратов.

1.3. Определение необходимых мер по снижению содержания нитратов до ПДК их в питьевой воде.

### ***1. Теоретическая часть***

Сельское хозяйство, как отрасль экономики, выдвигается в число главных источников загрязнения природных вод. Влияние сельского хозяйства на окружающую среду возрастает с увеличением процента распаханности территории, мелиоративного ее освоения, применения минеральных и органических удобрений, химических средств защиты растений, строительства ферм и крупных животноводческих комплексов.

Применяемые минеральные удобрения вымываются из почвы или поступают в водные объекты вместе с почвой в результате эрозии. Вынос минеральных удобрений с сельскохозяйственных угодий зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются:

- количество, способы и время внесения удобрений, их растворимость в воде, миграционная способность в почве;
- время между внесением удобрений и выпадением стокообразующих осадков;
- интенсивность процессов эрозии;
- объем и интенсивность выпадения осадков, объем поверхностного и подземного стока;
- тип почв, рельеф местности, характер выращиваемых культур.

Основными загрязняющими ингредиентами стока с сельскохозяйственных угодий являются азот и фосфор, входящие в состав удобрений. За год с поверхностным стоком с богарных земель может выноситься азота 0,3–10% от вносимых удобрений, фосфора – 0,1–2%. Подземным стоком выносятся только азот

(10–40% от вносимых удобрений), фосфор малоподвижен и концентрируется в поверхностном слое почвы (2–5 см).

Во многих хозяйствах не соблюдаются оптимальные сроки и методы внесения удобрений в почву. Более половины складов удобрений находятся в неудовлетворительном состоянии, т.е. представляют собой источники загрязнения окружающей среды. Необходимо научиться управлять системой удобрений, чтобы они давали максимальный эффект и обеспечивали полное восстановление плодородия, пагубно не влияли на природу, не загрязняли ее.

Отходы животноводства и стоки животноводческих комплексов также являются одним из источников загрязнения окружающей среды органическими веществами, соединениями азота и фосфора, некоторыми микроэлементами. Размеры этих комплексов и специфика удаления навоза создали проблему загрязнения подземных вод. Концентрированное распределение отходов привело к повышенным уровням нитратов в почве и воде, в частности вокруг откормочных комплексов. Корма, получаемые в этих условиях, следует признать непригодными для скармливания скоту ввиду высокого содержания в них нитратов.

Во многих сельских населенных пунктах преобладает «децентрализованное» водоснабжение с использованием индивидуальных неглубоких колодцев, качество воды в которых, не удовлетворяет требованиям стандартов качества питьевой воды. В воде многих колодцев содержание нитратов в несколько раз превышает предельную допустимую концентрацию. В Беларуси предельная допустимая концентрация нитратов в питьевой воде установлена на уровне 45 мг/л, что примерно соответствует стандарту стран ЕС (50 мг/л).

Водоемы во всем мире загрязнены нитратами ввиду чрезмерного применения нитратных удобрений. То же происходит и в Беларуси, где обнаружено большое количество нитратов в моче и слюне, прежде всего детей. Наличие нитратов в питьевой воде

и продуктах питания может стать очень вредным для человека и вызвать снижение уровня витаминов, сахаров и белков, что порождает две проблемы. Во-первых, вызываемая действием нитратов, метагемоглобинемия (нарушение кислородного обмена) может привести к малокровию у детей раннего возраста и к их смерти в случае отсутствия лечения. Во-вторых, попадая в организм с водой, часть нитратов превращается в нитриты. Со временем нитрит преобразуется в нитросамин, способный вызывать раковые заболевания у животных и людей. Кроме того, под влиянием нитратов может появиться гипотерид, что довольно широко распространено в Беларуси (недостаточность функции щитовидной железы).

Постоянный контроль содержания нитратов в воде и продуктах является актуальной задачей для своевременного принятия мер по предотвращению чрезвычайных ситуаций, вызванных загрязнением нитратами. Одним из наиболее быстрых и эффективных методов контроля нитратов является фотометрический метод анализа.

### ***Фотометрический метод определения вещества***

Фотометрия представляет собой оптический метод анализа, основанный на измерениях оптических свойств анализируемого раствора, после введения в него реактива, реагирующего с определяемым компонентом с образованием интенсивно поглощающего свет соединения, в ближней ультрафиолетовой и видимой областях спектра.

При прохождении через слой вещества (в частном случае раствора) светового потока с интенсивностью  $I_0$  его интенсивность вследствие поглощения в слое, отражения и рассеяния уменьшается до значения  $I$ . Ослабление светового потока на выходе из раствора происходит за счет поглощения частицами вещества фотонов. Чем больше мощность светового потока и чем больше частиц вещества в растворе (т.е. чем больше концентрация), тем

больше поглощение света веществом. Кроме того, величина поглощения будет зависеть и от длины пути светового потока: чем толще слой раствора, тем больше будет происходить столкновений частиц вещества с фотонами и тем большее будет поглощение. Но при этом надо учитывать, что не все фотоны поглощаются частицами вещества. Это связано с тем, что молекулы всех веществ могут существовать только в определенных энергетических состояниях, называемых энергетическими уровнями (орбиталиями). Переход молекулы с одного уровня на другой сопровождается поглощением или испусканием фотона со строго определенной энергией, равной разности энергий энергетических уровней молекулы, т.е. молекулы, могут поглощать или испускать фотоны со строго определенной длиной волны. Поэтому при прохождении светового потока через раствор будет происходить ослабление света только определенной длины волны. Для каждого вещества максимум поглощения светового потока приходится на свой определенный интервал длин волн.

Интенсивности падающего светового потока  $I_0$  и светового потока  $I$ , прошедшего через раствор, можно определить экспериментально. Доля рассеянного и отраженного света обычно мала и ею пренебрегают. Связь между интенсивностями световых потоков  $I_0$  и  $I$  устанавливается законом Бугера-Ламберта, согласно которому *однородные слои одного и того же вещества одинаковой толщины поглощают одну и ту же долю падающей на них световой энергии (при постоянной концентрации растворенного вещества)*.

Отношение  $I/I_0$  называется *пропусканием (T)*, оно показывает, какая доля падающего на раствор света поглощается. Пропускание выражают в процентах. Для абсолютно прозрачных растворов  $T=100\%$ , для абсолютно непрозрачных  $T=0$ .

Для характеристики **поглощения** излучения используют величину, называемую оптической плотностью, или экстинкцией ( $A$ ):

$$A = \lg(I_0/I) = -\lg T$$

Связь между концентрацией поглощающего раствора и его оптической плотностью выражается законом Бера, согласно которому *оптическая плотность раствора прямо пропорциональна концентрации растворенного вещества при постоянной толщине слоя*:

$$A = \lg(I_0/I) = kc,$$

где:  $k$  – коэффициент пропорциональности;

$c$  – концентрация растворенного вещества, моль/л.

Зависимость интенсивности светового потока, прошедшего через слой окрашенного раствора, от интенсивности падающего потока света, концентрации окрашенного вещества и толщины слоя раствора определяется объединенным законом Бугера-Ламберта-Бера, который является основным законом светопоглощения и лежит в основе большинства фотометрических методов анализа:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon \lambda c l},$$

где:  $\epsilon \lambda$  – молярный коэффициент светопоглощения, зависящий от природы растворенного вещества, температуры, растворителя и длины волны света;

$c$  – концентрация окрашенного раствора, моль/л;

$l$  – толщина слоя раствора, см.

При соблюдении основного закона светопоглощения *оптическая плотность раствора ( $A$ ) прямо пропорциональна молярному коэффициенту светопоглощения, концентрации поглощающего вещества и толщине слоя раствора*:

$$A = \lg(I_0/I) = \epsilon \lambda c l.$$

Измерение оптической плотности растворов производят с помощью фотометрических приборов.

*Составные части фотометров.* Применяемые в фотометрии приборы состоят из четырех частей, последовательно расположенных одна за другой: источник света; устройство для

разложения полихроматического света и выделения нужного интервала длин волн (светофильтры); отделение для установки кювет с исследуемым веществом; приемник излучения (детектор), который превращает излучение в соответствующий данному прибору сигнал для регистрации.

Фотометрические приборы должны выполнять две основные задачи:

- разложение полихроматического света и выделение нужного интервала длин волн;
- измерение поглощения света веществом.

*Источники света.* В качестве источника света в основном используют лампы накаливания, испускающие непрерывное излучение. В фотометре источником видимого излучения служит обычная электрическая лампочка. Интенсивность ( $I$ ) разных длин волн, испускаемых лампой, различна. Обычно для проведения анализа выбирают излучение в той области длин волн, в которой определяемое соединение имеет максимальное светопоглощение, а примеси – минимальное.

В ультрафиолетовой области интенсивность лампы накаливания мала, поэтому здесь применяют водородные, дейтериевые, ксеноновые лампы, излучающие свет с длинами волн менее 350 нм. Это газоразрядные трубки, представляющие собой баллоны из кварца, заполненные газом под высоким давлением. В результате электроразряда молекулы газа возбуждаются и возвращаются в исходное состояние, испуская непрерывный спектр.

*Светофильтры.* Для выделения нужной длины волны из непрерывного спектра пригодны все типы диспергирующих устройств. На практике выделить монохроматическое излучение невозможно. Получают поток излучения более или менее узкого интервала длин волн с помощью светофильтров, которые бывают двух типов: абсорбционные и интерференционные. Абсорбционные светофильтры -это цветные стекла, поглощающие некоторый участок спектра падающего излучения и пропуская

остальную часть спектра этого излучения. Для получения узкого диапазона спектра во многих случаях абсорбционные светофильтры помещают друг за другом. Спектральная ширина полосы пропускания ( $\delta\lambda$ ) такого комбинированного светофильтра определяется интервалом пропущенных длин волн, измеренным на половине высоты пика ( $h$ ), и является характеристикой разрешающей способности светофильтра. Абсорбционные светофильтры обычно имеют спектральные ширины полос пропускания в пределах от 30 до 50 нм, поэтому их разрешающая способность невелика. Длина волны пика кривой пропускания ( $\lambda_0$ ) называется центральной, или номинальной, длиной волны светофильтра.

Интерференционные светофильтры действуют по принципу интерференции волн электромагнитного излучения. Они имеют значительно более узкие спектральные полосы пропускания от 5 до 20 нм, с коэффициентами пропускания более чем 0,6. Устроены они следующим образом: между двумя полупрозрачными серебряными пленками, укрепленными на стеклянных пластинках, помещают слой прозрачного материала, например, фторида магния, со строго определенной толщиной.

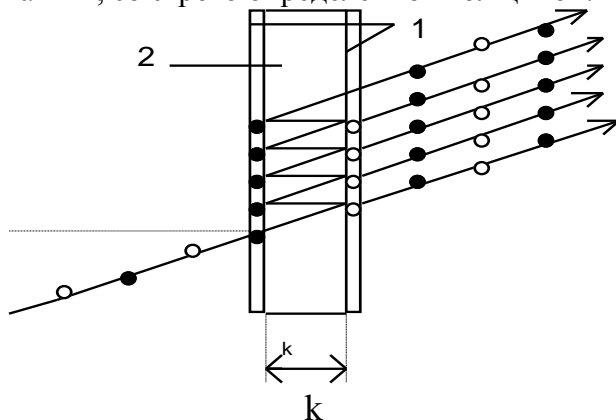


Рисунок 5.1 - Принцип действия интерференционного фильтра:



- 1 – серебряные пленки; 2 – слой фторида магния (светлые и темные кружки, соответственно, минимумы и максимумы электромагнитной волны)

Одна часть падающего на поверхность пластинки потока света отражается, а другая проходит через слой фторида магния и попадает на вторую серебряную пленку. Здесь снова одна часть потока отражается и попадает на первую пленку, а другая выходит наружу. Этот процесс повторяется многократно. Если на расстоянии между пленками умещается целое количество полудлин волн ( $\lambda/2$ ), то лучи, совпадающие по фазе, будут усиливаться, а несовпадающие – гаситься. В результате, из светофильтра будут выходить лучи с длинами волн, кратными  $\lambda/2$ , т. е.  $k \cdot (\lambda/2)$ , где  $k = 1, 2, 3, \dots$  (число  $k$  называют порядком). Излучение второго и более высоких порядков поглощается стеклом. Следовательно, из светофильтра будет выходить только излучение первого порядка.

Кюветы. Основное требование к кюветам – прозрачность в области спектра, в которой ведется измерение. Для работы в видимой области кюветы изготавливают из обычного стекла, в ультрафиолете – из кварца. Кюветы бывают прямоугольными и цилиндрическими. Обычно каждый оптический прибор снабжен набором кювет толщиной от 0,5 до 5 см.

Детекторы. Детекторы преобразуют падающую на них световую энергию в электрический сигнал. Для приема светового сигнала в видимой и ультрафиолетовой областях обычно применяют сурьмяно-цезиевый (180–650 нм) и кислородно-цезиевый (600–1100 нм) фотоэлементы.

***Особенности фотометра SQ-300.***

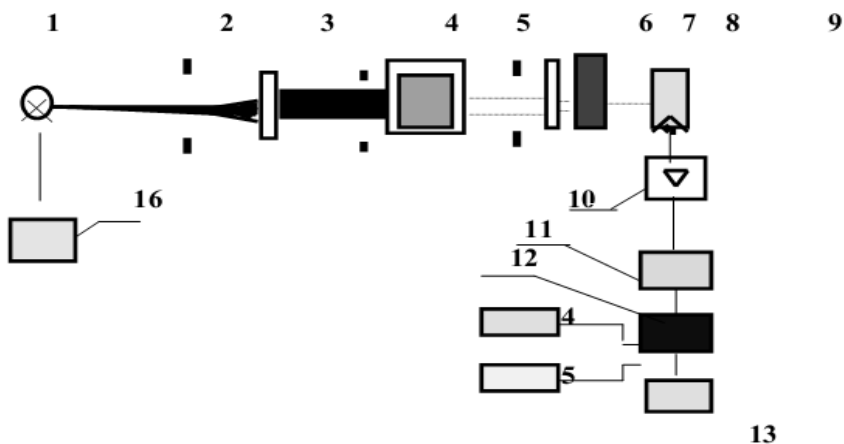


Рисунок 4.2 - Блок - схема фотометра:

1 – вольфрамовая галогенная лампа; 2 – диафрагма 1; 3 – линза 1; 4 – диафрагма 2; 5 – кювета; 6 – диафрагма 3; 7 – линза 2; 8 – интерференционный фильтр; 9 – кремниевый фотодиод; 10 – усилитель; 11 – аналого-цифровой преобразователь; 12 – микропроцессор; 13 – блок памяти; 14 – клавиатура; 15 – блок индикации; 16 – блок стабилизации

Фотометр SQ–300 разработан с учетом требований удобства анализа для пользователя. В нем запрограммированы методы проведения анализа с соответствующими номерами (перечень методов с номерами и диапазонами измерений представлен в руководстве для эксплуатации SQ–300). Результаты анализа выводятся на цифровую индикацию в виде единиц концентрации или экстинции (по выбору).

В комплекте с фотометром поставляется набор хромогенных реагентов "Spectroquant " для перевода анализируемого вещества в окрашенное соединение, а также термореактор TR-300, представляющий собой сухой термостат, в котором можно одновременно нагревать двенадцать 16-миллиметровых и две 23-миллиметровые пробирки для ускорения реакции образования цветного комплекса. Термореактор оснащен таймером.

Свет стабилизированной вольфрамовой галогенной лампы проходит через диафрагмы, линзу, фокусирующую световой пучок, и кювету с анализируемым раствором. Часть светового излучения избирательно поглощается веществом в растворе. Пропущенный поток света попадает на интерференционный фильтр, который, в свою очередь, пропускает лишь часть света, пригодную для фотометрического измерения определяемой примеси, содержащейся в воде. Кремниевый фотодиод превращает свет в электрический ток, который затем усиливается и с помощью микропроцессора преобразуется в данные измерений, выводимые на индикацию.

## ***2. Практическая часть***

*Задание для выполнения практической работы:*

1. Рассчитать уровень загрязнения почвы нитратами на месте хранения нитратных удобрений и прилегающей к нему территории в радиусе до 1,5 км в направлении стока поверхностных вод.
2. Дать экологическую оценку состояния почвы, загрязненной нитратами в результате нарушения норм хранения и использования удобрений.
3. Предложить меры по снижению содержания нитратов до уровня ПДК их в питьевой воде.

Выбрать из таблицы 5.4 данные для выполнения практической работы. Вариант соответствует номеру фамилии студента в журнале учета посещений занятий.

Порядок выполнения работы

1. Произвести пересчет концентрации нитратов в водной вытяжке (фильтрате) на концентрацию нитратов в пробе почвы по формуле

$$C_{\text{почв}} = C_x \cdot 40/5,$$

где:  $C_{\text{почв}}$  – концентрация нитратов в почве, мг/кг;

$C_x$  – концентрация нитратов в фильтрате, мг/л;

40 – объем водной вытяжки, мл;

5 – масса пробы почвы, г.

Результат записать в табл.5.1.

2. Сделать экологическую оценку состояния почвы, загрязненной нитратами, для этого сравнить полученную концентрацию  $C_{\text{почв}}$  с ПДК нитратов в почве (130 мг/кг). Указать во сколько раз полученная концентрация нитратов в почве превышает ПДК.

3. Произвести расчет возможной концентрации нитратов в грунтовых водах в местах отбора проб почвы при условии 40%-ного их просачивания по формуле

$$C_{\text{гр.вод.}} = C_{\text{почв}} \cdot 0,4 \cdot k,$$

где  $C_{\text{гр.вод.}}$  – концентрация нитратов в грунтовых водах, мг/л;

$k \approx 1$  – коэффициент преобразования массы в объем.

Результат записать в таблицу 5.1.

4. По таблице 5.2 определить, к какому классу загрязнения относятся грунтовые воды, и выбрать необходимые методы очистки, чтобы они удовлетворяли нормам, предъявляемым к питьевой воде. Результат записать в таблицу 5.3.

5. Обобщить полученный материал. Сделать вывод: дать оценку состояния грунтовых вод в зависимости от возможного загрязнения нитратами, предложить методы очистки.

Таблица 5.1 Результаты определения концентрации нитратов

Проба почвы (указать номер пробы)	Концентрация нитратов в водной вытяжке, мг/л, $C_x$	Концентрация нитратов в пробе почвы, мг/кг, $C_{\text{почв}}$	Концентрация нитратов в грунтовых водах, мг/л, $C_{\text{гр.вод.}}$

Таблица 5.2 Методы очистки грунтовых вод

Содержание нитратов в грунтовой воде, мг/л	Класс загрязнения	Методы очистки
45–60	A1	Простая физическая очистка и дезинфекция (т.е. быстрая фильтрация и дезинфекция).
60–85	A2	Нормальная физическая очистка, химическая очистка и, например, предварительное хлорирование, коагуляция, флокуляционная очистка, декантация, фильтрация, дезинфекция (завершающее хлорирование)
> 85	A3	Интенсивная физическая и химическая очистка, расширенная очистка и дезинфекция, например, хлорирование до точки перелома, коагуляция, флокуляционная очистка, декантация, фильтрация, адсорбция (активированным углем), дезинфекция (озонирование, завершающее хлорирование)

Таблица 5.3 Результаты работы

Номер задачи	Определялись при решении задач	Единицы измерения	Результат
1	Концентрация нитратов в водной вытяжке (фильтрате) Сх (проба почвы № )		
2	Концентрация нитратов в пробе почвы (Сп)		
3	Экологическая оценка состояния почвы, загрязненной нитратами		
4	Концентрация нитратов в грунтовых водах в местах отбора проб почвы (С гр)		
5	Класс загрязнения грунтовых вод		
6	Методы очистки грунтовых вод		

Таблица 5.4 - Задание для выполнения практической работы

Проба почвы (номер пробы соответствует номеру варианта)	Концентрация нитратов в водной вытяжке, мг/л, Сх	Проба почвы (номер пробы соответствует номеру варианта)	Концентрация нитратов в водной вытяжке, мг/л, Сх
1	12	16	32
2	15	17	27
3	22	18	29
4	25	19	34
5	23	20	35
6	17	21	13
7	21	22	28
8	20	23	33
9	19	24	26
10	24	25	15
11	26	26	37
12	14	27	18
13	30	28	10
14	11	29	16
15	31	30	21

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие вы знаете источники загрязнения окружающей среды нитратами?
2. Какая предельная допустимая концентрация нитратов в питьевой воде установлена в Беларуси?
3. На чем основан фотометрический метод определения содержания вещества в водном растворе?
4. Что описывает закон Бугера-Ламберта-Бера?
5. Из каких составных частей состоит фотометр? Принцип работы фотометра

6. Назовите физические и химические методы очистки воды.

### *Практическая работа № 6*

## **Оценка опасности загрязнения почвы тяжелыми металлами**

Цель работы:

1. Количественное определение содержания соединений свинца в районе техногенного загрязнения.
2. Экологическая оценка состояния почвы придорожной полосы автомобильной дороги.
3. Предложения по снижению содержания свинца в почве, прилегающей к автостраде.

### *Теоретическая часть*

Интенсификация сельскохозяйственного производства, развитие промышленности, энергетики, транспорта сопровождается усиленным загрязнением природной среды широким набором токсических веществ и создает обоснованные опасения прогрессирующего техногенного загрязнения.

Попадая в окружающую среду, загрязняющие вещества вызывают деградацию и разрушение природных экосистем, наносят ущерб сельскохозяйственным угодиям, снижая урожай и его качество, и через контактирующие системы по трофическим цепям оказывают неблагоприятное воздействие на животных и человека. Тяжелые металлы относятся к числу наиболее опасных загрязнителей. Основными источниками эмиссии тяжелых металлов являются индустриальные центры, промышленные города и автотранспорт. Чем крупнее город, большие мощности и сроки деятельности его предприятий, тем сильнее его негативное влияние на природную среду. Поступление тяжелых металлов в окружающую среду происходит вследствие их техногенного рассеивания. Пути техногенного рассеивания тяжелых металлов многообразны, наиболее значимым является выброс в

атмосферу при высокотемпературных технологических процессах (металлургия, химическая промышленность, сжигание топлива, обжиг цементного сырья и т.д.). Только в результате работы металлургических предприятий на поверхность земли ежегодно поступает не менее 154650 т Cu, 1215000 т Zn, 89000 т Pb, 120000 т Ni, 765 т Co, 30,5 т Hg. Вследствие сжигания угля и нефти в атмосферу ежегодно поступает 3600 т Pb, 7000 т Zn, 3700 т Ni, 2100 т Cu, 1600 т Hg. Интенсивное рассеивание тяжелых металлов происходит также с выхлопными газами автотранспорта: на земную поверхность попадает 260000 т Pb в год, что почти в три раза превосходит количество этого элемента, поступающего в почву от металлургических предприятий.

Основная масса техногенных выбросов тяжелых металлов локализуется на сравнительно небольшой площади. Направление и дальность переноса аэрозолей металлов определяются множеством факторов, среди которых важнейшие – мощность предприятия, высота дымовых труб, химический состав и физические свойства частиц (плотность, форма, гигроскопичность), климатические условия, рельеф местности и др. Радиус ареала техногенного рассеивания металлов вблизи промышленных предприятий составляет от 2-3 км до 20-25 км. Ширина загрязнения почв придорожной полосы зависит от характера и интенсивности движения автотранспорта, продолжительности эксплуатации дорог, господствующего ветра и его скорости, рельефа местности, режима атмосферных осадков, температурной инверсии, влажности воздуха, наличия защитных зеленых насаждений.

Накопление тяжелых металлов в почве приводит к тому, что все больше питательных веществ связывается с ними в недоступные для растений формы, вследствие чего снижается почвенное плодородие и наблюдается значительное снижение урожайности. В условиях умеренного климата урожай зерновых снижается на 20–30%, свеклы – на 35 %, картофеля – на 47 %.



Повышение концентрации тяжелых металлов в почве вызывает увеличение их содержания в растениях. Выхлопные газы автотранспорта способны вызвать у растений хлороз, свертывание листовой пластинки, появление некротических пятен. Листья деревьев вблизи автострад в дневное время имеют температуру на 2–5°С выше из-за дополнительного притока радиации, т.к. покрыты пылью.

Основным критерием степени опасности загрязненных почв и растительности является предельная допустимая концентрация (ПДК) токсических веществ в этих объектах. К настоящему времени разработаны ПДК в почве только для 9-ти металлов - загрязнителей. Утвержденные нормативы металлов в почве следует рассматривать как условные, т.к. они относятся ко всем типам почв без учета их водно-физических и агрохимических свойств. При оценке загрязнения почв металлами необходимо сравнивать полученные результаты как с ПДК, так и с местным фоном. Для Беларуси эти показатели по свинцу следующие: фон – 10 мг/кг, ПДК – 30 мг/кг. Содержание загрязняющих веществ в почвах городов изменяется в широких пределах: от минимальных значений близких к фоновым в районах новостроек, до концентраций во много раз превышающих фоновые в зонах влияния промышленных предприятий и в старо обжитых районах городов.

Тяжелые металлы присутствуют в отработанных газах в виде мельчайших частиц размером 4–8 мкм, которые длительное время сохраняются в атмосфере. Попадание их в организм человека вызывает серьезные поражения органов пищеварения, центральной и периферийной нервной системы и другие тяжелые заболевания. Установлено, что высокий уровень воздействия свинца влияет на нейроповеденческие реакции детей, включая коэффициент умственного развития. Главная опасность - способность этого загрязнителя накапливаться в организме человека, т.к. он практически не выводится.

Мероприятия, снижающие поступление свинца в окружающую среду, можно подразделить на две основные группы: чисто технические и агрономические, или биологические, каждая из которых включает ряд самостоятельных мероприятий. Технические направления являются основными в решении проблемы охраны природной среды от загрязнения выхлопными газами автотранспорта. Одним из важнейших приемов, снижающих поступление свинца, является замена тетраэтилсвинцовой антидетонационной присадки к бензину на новые, не содержащие этот токсический элемент. К перспективным техническим направлениям относится перевод транспорта на другие виды двигателей (роторный, инерционный и др.) и топлива (газ, синтетические спирты, аммиак, водород), создание нового альтернативного электрического транспорта. Все перечисленные мероприятия или существенно снижают, или практически полностью исключают поступление в окружающую среду свинца и других токсических веществ.

Биологические меры защиты от негативного влияния свинца считаются второстепенными, т.к. способствуют улучшению условий произрастания растений на загрязненной почве. Они направлены не на снижение общего количества свинца, а на снижение его подвижности в почве. Одним из самых эффективных приемов охраны почв и сельскохозяйственных культур от загрязнения свинцом считается посадка вдоль автомагистралей защитных насаждений из кустарников и древесных пород. Так, содержание свинца у овощных культур, выращиваемых вблизи автострады, но защищенных полосой из боярышника и клена полевого (высота 1 м, ширина 3 м) на 30–50% ниже, чем у растений, не испытывающих действие полосы; в саду, закрытом 4-рядной полосой из ели и липы, на расстоянии 50 м от дороги содержание свинца в яблоках не выходит за пределы допустимого, тогда как в незащищенных плодах оно было в три раза выше допустимого; содержание свинца в почве за растительным барьером из 2-3 рядов ели на расстоянии 40 м от автотрассы не

превышает 4 мг/кг, тогда как вне барьера на том же расстоянии – 12,7 мг/кг. Защитные полосы должны состоять не меньше, чем из 1 ряда хвойных пород и 2-х рядов высокорослых быстрорастущих лиственных пород (берез, тополей и др.)

Эффективно защищают растения от токсического влияния свинца такие агротехнические приемы, как известкование кислых почв, внесение органических и минеральных удобрений, т.е. закрепление тяжелых металлов в почве (образование в почве трудно растворимых соединений). Из других приемов биологического характера заслуживает внимания подбор сельскохозяйственных культур, относительно слабо накапливающих свинец при возделывании их на загрязненных почвах. Вика больше всего поглощает и накапливает свинец в зеленой массе, за ней в убывающем порядке идут кукуруза, горох, клевер, пшеница, овес, ячмень.

Для предохранения организма от токсического влияния свинца рекомендуется зону до 10 м от полотна дороги исключить из сельскохозяйственного пользования, по возможности ограничить вблизи магистралей выращивание овощных и плодовых культур. Запрещен выпас молодняка крупного рогатого скота вдоль автострад с интенсивным движением транспорта, т.к. это приводит к накоплению тяжелых металлов в организме животных, а затем в продуктах питания и в организме человека.

В местах сильного загрязнения поверхности почвы тяжелыми металлами (территории ТЭЦ, гальваническое производство) необходимо производить рекультивацию почв с последующей переработкой снятой части земельного покрова. К такому способу переработки относится метод отверждения (стабилизации), который включает процесс цементирования, процессы пуццолан и термопластичные процессы. Первый предполагает прямое смешивание отходов с цементом с образованием матрицы отверждения, второй – отверждение отходов на основе извести и известковых продуктов (силикатный или известковый

процесс), третий - заливку отходов в матрицу. Метод стабилизации преобразует тяжелые металлы в нерастворимые производные или за счет кальцинации в нерастворимые металлические соли, т.е. превращает их в удобный для утилизации и повторного использования строительный элемент (основание для строительства дорог или фундаментов).

Для принятия мер по снижению содержания свинца и защиты от негативного влияния, в первую очередь необходимо знать количественное содержание свинца в почве. В настоящее время наиболее распространенным методом определения концентрации металлов является метод атомно-абсорбционной спектроскопии.

#### *Сущность метода атомно-абсорбционной спектроскопии*

Метод атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) основан на резонансном поглощении (абсорбции) света свободными атомами элемента, возникающем при пропускании пучка света через слой атомного пара. Селективно поглощая свет на частоте резонансного перехода, атомы переходят из основного в возбужденное состояние, а интенсивность проходящего пучка света на этой частоте экспоненциально убывает по закону Бугера-Ламберта-Бера:

$$I = I_0 \cdot 10^{-kcl},$$

где:  $k$  – коэффициент поглощения света, зависящий от природы элемента;

$c$  – концентрация элемента;

$l$  – толщина поглощающего слоя, см.

При практических измерениях обычно пользуются значением оптической плотности, или абсорбции ( $A$ ):

$$A = \lg(I_0/I) = kcl.$$

Измерение оптической плотности производят с помощью спектрофотометрических приборов.

Принципиальная схема атомно-абсорбционного спектрофотометра представлена на рисунке 6.1.

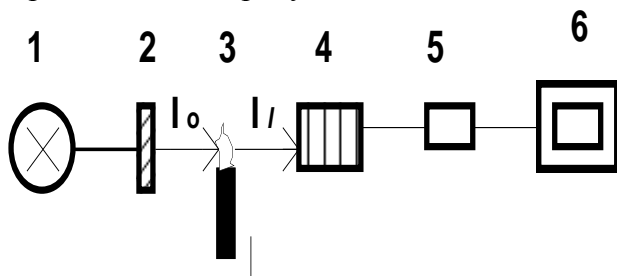


Рисунок 6.1 - Схема атомно-абсорбционного спектрометра:  
1 – источник излучения; 2 – модулятор; 3 – горелка; 4 –  
монохроматор; 5 – фотодетектор; 6 – регистрирующее  
устройство

Свет от источника резонансного излучения проходит через модулятор, пламя с атомизированной пробой, в которой частично поглощается, затем проходит через монохроматор, попадает на фотодетектор, затем на регистрирующее устройство. Для успешного определения концентрации элемента в анализируемой пробе необходимо создать оптимальные условия для разделения молекул на атомы, выделения их в газовую фазу, наблюдения и регистрации в определенных условиях характеристических спектров поглощения. Исходя из этих требований, строится вся аппаратура для атомно-абсорбционной спектрометрии.

Источники излучения. Теоретически в качестве источника излучения может служить любой источник (даже обычная лампочка накаливания), поскольку атомы определяемого элемента "выберут" из потока фотонов лишь те, которые соответствуют их энергетическим переходам (резонансное излучение). Однако на практике источники непрерывного излучения мало пригодны. Если использовать непрерывный источник излучения, то

атомы вещества поглотят лишь очень небольшую часть падающего на них излучения и детектор не уловит разницу между излучением источника и излучением, прошедшим через пробу. Следовательно, чтобы поглощение атомами было заметно, нужно направлять на пробу излучение с очень узким интервалом длин волн. В идеале необходимо излучение с длиной волны, соответствующей одному энергетическому переходу в атоме исследуемого вещества.

К таким идеальным источникам приближаются лампы с полым катодом, представляющие собой стеклянный баллон с кварцевым окном (рис.6.2), заполненный инертным газом.

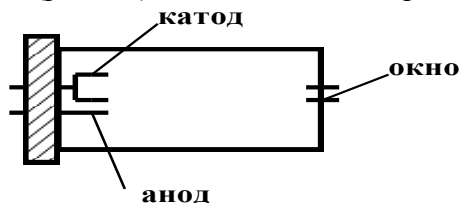


Рисунок 6.2 - Лампа с полым катодом

Цилиндр катода изготовлен из того металла, который нужно определять (иногда цилиндр покрыт этим металлом). На катод и анод, закрепленные в баллоне, подают высокое напряжение. Под действием высоковольтного разряда атомы инертного газа ионизируются, направляются к катоду и выбивают из него атомы металла, которые возбуждаются и испускают излучение с характерным для него линейчатым спектром. Излучение направляют на пламя (или в графитовую кювету), где находятся атомы определяемого элемента, поглощающие резонансное излучение источника. Таким образом, для определения каждого элемента нужна своя лампа.

Модулятор. Для получения достоверных результатов методом ААС измеряют относительную интенсивность двух потоков излучения. Один из них проходит через атомный пар, дру-

гой является потоком сравнения. На эти световые потоки возможно наложение постороннего излучения - флуоресценции атомов исследуемого вещества при возвращении из возбужденного состояния и свечения пламени. Для устранения мешающего влияния этих видов излучения используют модуляцию светового потока. На пути падающего излучения устанавливают модулятор – вращающийся диск с вырезанными сегментами (вращающийся прерыватель) либо вращающийся барабан с отверстиями. При этом, когда прерыватель перекрывает излучение от лампы с полым катодом на детектор попадает постоянный сигнал от пламени, когда прерыватель открыт, на детектор попадает сигнал от источника, прошедший через пробу, и постоянный сигнал от пламени. Постоянный сигнал отсекают, а переменный усиливают и направляют на регистрирующее устройство.

Образование атомов в пламени. В ААС аналитический сигнал получают от невозбужденных атомов, поэтому одним из важнейших узлов атомно- абсорбционного спектрометра является устройство атомизации. В качестве атомизатора подходят лишь те источники, энергии которых хватает для распада вещества на атомы, но не для возбуждения атомов. Количество возбужденных атомов не должно превышать 0,02–0,1% от их общего числа. Этим требованиям удовлетворяют пламенные и электротермические атомизаторы, в которых используется тепловая энергия. Перед атомизацией анализируемый образец переводят в раствор.

Типичное устройство пламенного атомизатора состоит из распылительной камеры и горелки (рисунок 6.3).

Раствор пробы впрыскивают с помощью распылителя в камеру, причем скорость впрыскивания раствора регулируют потоком газа-окислителя, например, воздуха. Полученное облако капелек в камере распыления сталкивается на своем пути с механическим препятствием, называемым импактором, на котором большие капли осаждаются либо разбиваются об него на

более мелкие. Маленькие капельки уносятся потоком газа-окислителя из камеры распыления в горелку, где они вместе с газом-окислителем смешиваются с горючим газом. Капельки со смесью горючего газа и окислителя проходят через узкую щель в торце горелки и при поджигании образуют пламя. Длина щели горелки определяет толщину поглощающего слоя.

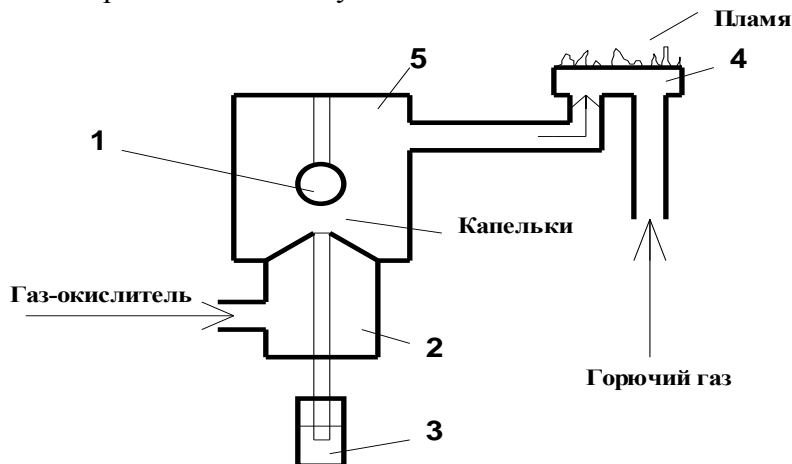


Рисунок 6.3 - Система распылитель-горелка:

1 – импактор; 2 – распылитель; 3 – раствор пробы; 4 – горелка; 5 – камера распыления

В качестве окислителя в горелке используют закись азота, в качестве горючего газа – ацетилен.

Температура пламени этой смеси достигает 3000 К, пламя имеет превосходные восстановительные характеристики, и так как смесь этих газов горит достаточно медленно, капельки, частицы и свободные атомы пребывают довольно долго в пламени.

Часто используют смесь воздуха с ацетиленом. Несмотря на более низкую температуру по сравнению с температурой пламени смеси закись азота – ацетилен, воздушно-ацетиленовое



пламя имеет меньшую собственную эмиссию, которая является помехой для сигнала.

При определении следовых количеств элементов, когда требуется очень высокая чувствительность, используется непламенный атомизатор – графитовая кювета (графитовая трубка). Она позволяет исключить или резко уменьшить влияние таких факторов, как побочные реакции и краткое время пребывания частиц в атомарном состоянии ( $10^{-3}$  сек), присущих атомизации пробы в пламени.

Графитовая трубка быстро нагревается и проба, которая подается дозатором через отверстие в трубке, мгновенно испаряется, заполняя атомным паром трубку.

Графитовая трубка находится в среде инертного газа (аргона), что исключает побочные реакции. Время пребывания атомов в трубке 1–1,5 с.

Монохроматор. Монохроматор служит для выделения узкого участка спектра; его основные детали – щели, линзы, зеркала и диспергирующие элементы (призмы, дифракционные решетки и др.)

Детектор. Детектор преобразует падающую на него световую энергию в электрический сигнал. В атомно-абсорбционном спектрометре для этой цели всегда используют фотоумножители.

### ***Практическая часть***

*Задание для выполнения практической работы:*

1. Рассчитать степень загрязнения свинцом почвы придорожной полосы (20 м) автомагистрали с интенсивным движением транспорта.
2. Дать экологическую оценку состояния почвенного покрова в исследуемом месте.
3. Предложить меры по снижению содержания свинца в почве с целью использования исследуемой территории под сельскохозяйственные угодья.

### Порядок выполнения работы

1. Рассчитать среднее значение абсорбции по данным трех измерений в соответствии с индивидуальным вариантом по выполнению практической работы. Результаты занести в таблицу «Результаты выполнения практической работы». Форма этой таблицы соответствует форме таблицы «Исходные данные для выполнения практической работы» (таблица 6.1.)

2. Построить градуировочный график, откладывая по оси абсцисс концентрацию, а по оси ординат среднее значение абсорбции (атомное поглощение) определяемого элемента (Pb) в растворах.

3. По построенному графику, зная среднее значение абсорбции анализируемого раствора (из таблицы 6.1), определить концентрацию свинца  $C_{PbX}$  в анализируемом растворе.

4. Рассчитать содержание свинца в пробе почвы, исходя из полученной его концентрации в водном растворе, по формуле

$$C_{Pb} = C_{PbX} \cdot 100/30,$$

где :  $C_{Pb}$  – концентрация Pb в почве, мг/кг;

$C_{PbX}$  – концентрация Pb в водной вытяжке, мг/л;

100– объем раствора водной вытяжки, мл;

30 – масса пробы почвы, г.

5. Сравнить полученный результат с фоновым значением и ПДК свинца в почве. Рассчитать в процентном отношении превышение концентрации свинца над фоновым.

6. Дать экологическую оценку состояния почвы в исследуемой придорожной зоне.

7. Пользуясь таблицей 6.2 предложить защитные меры с целью возможного использования исследуемой зоны под сельскохозяйственные угодья.

8. Проанализировать полученные результаты. Сделать вывод к работе.

9. Оформить отчет о выполнении работы (таблица 6.3).

Таблица 6.1 Исходные данные для выполнения практической работы

№ варианта	№ пробы	Концентрация раствора, мг/л	Измеренные значения адсорбции			Среднее значение адсорбции
			1	2	3	
1	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X	Cx	0,137	0,134	0,135	
2	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X	Cx	0,144	0,146	0,142	
3	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X	Cx	0,154	0,156	0,154	

4	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X	Cx	0,164	0,167	0,166	
5	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X	Cx	0,175	0,173	0,172	

6	1	2,0	0,076	0,079	0,081
	2	4,0	0,144	0,140	0,136
	3	6,0	0,191	0,193	0,186
	4	8,0	0,231	0,229	0,231
	5	10,0	0,262	0,261	0,257
	X	Cx	0,177	0,179	0,179
7	1	2,0	0,076	0,079	0,081
	2	4,0	0,144	0,140	0,136
	3	6,0	0,191	0,193	0,186
	4	8,0	0,231	0,229	0,231
	5	10,0	0,262	0,261	0,257
	X	Cx	0,184	0,186	0,187
8	1	2,0	0,076	0,079	0,081
	2	4,0	0,144	0,140	0,136
	3	6,0	0,191	0,193	0,186
	4	8,0	0,231	0,229	0,231
	5	10,0	0,262	0,261	0,257
	X	Cx	0,194	0,192	0,193
9	1	2,0	0,076	0,079	0,081
	2	4,0	0,144	0,140	0,136
	3	6,0	0,191	0,193	0,186
	4	8,0	0,231	0,229	0,231
	5	10,0	0,262	0,261	0,257
	X	Cx	0,157	0,159	0,159
10	1	2,0	0,076	0,079	0,081
	2	4,0	0,144	0,140	0,136
	3	6,0	0,191	0,193	0,186
	4	8,0	0,231	0,229	0,231
	5	10,0	0,262	0,261	0,257
	X	Cx	0,181	0,182	0,183
11	1	2,0	0,076	0,079	0,081
	2	4,0	0,144	0,140	0,136
	3	6,0	0,191	0,193	0,186
	4	8,0	0,231	0,229	0,231
	5	10,0	0,262	0,261	0,257
	X	Cx	0,137	0,134	0,135

Таблица 6.2 Меры защиты почв от загрязнения свинцом

Способы защиты	Степень снижения загрязнения, %
Защитная полоса из боярышника (высота – 1 м, ширина – 3 м)	20–30
2-рядная защитная полоса из лиственных пород деревьев	30–40
2-3-рядная посадка ели	40–55
4-рядная полоса из липы и ели	55–70

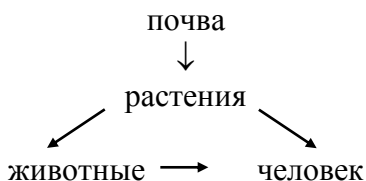
Таблица 6. 3

Но-мер за-дачи	Определялись при решении задач	Единицы измерения	Резуль-тат
1	Среднее значение абсорбции по данным трех измерений:		
	А) стандартного раствора хлорида свинца с $C_x = 2$ мг/л		
	Б) стандартного раствора хлорида свинца с $C_x = 4$ мг/л		
	В) стандартного раствора хлорида свинца с $C_x = 6$ мг/л		
	г) стандартного раствора хлорида свинца с $C_x = 8$ мг/л		
	В) стандартного раствора хлорида свинца с $C_x = 10$ мг/л		
2	Концентрация свинца $C_{рвх}$ в анализируемом растворе		
3	Концентрация свинца $C_{рв}$ в пробе почвы		
4	1. Превышение концентрации свинца $R_v$ над фоновым значением		
5	Экологическая оценка состояния почвы в исследуемой придорожной зоне		
	Меры защиты почв от загрязнения свинцом		

### Контрольные вопросы

1. Пути техногенного рассеивания тяжелых металлов.

2. Влияние накопления тяжелых металлов в почве на систему



3. Критерий оценки степени опасности загрязненных почв и растительности тяжелыми металлами. Назвать эти величины для свинца, установленные в РБ.

4. Факторы, влияющие на загрязненность придорожной зоны автомагистрали.

5. Технические меры защиты от негативного влияния тяжелых металлов на окружающую среду.

6. Биологические меры защиты от негативного влияния тяжелых металлов на окружающую среду.

7. Порядок выполнения лабораторной работы.

8. Сущность метода ААС.

### *Практическая работа № 7*

#### **Расчет выбросов, сбросов и количества отходов по удельным показателям**

Расчеты с использованием удельных показателей (норм) являются самым простым методом определения количества выбросов, сбросов, отходов. Для некоторых процессов и операций это единственный метод, который используется при определении качественных и количественных характеристик материальных потоков, поступающих в объекты окружающей среды.

Удельные нормы могут быть установлены на единицу используемого сырья (материалов), готовой продукции (полуфабрикатов), на показатели, характеризующие источник выделения загрязняющих веществ (размеры, производительность, время работы и др.). Для выполнения таких расчетов необходимо иметь обоснованные (принятые и утвержденные) удельные показатели (нормы), учитывающие особенности технологического процесса, расположение источников выделения вредных веществ, способ отведения выбрасываемых веществ (организованный, неорганизованный выброс).

### ***Теоретическая часть***

#### *Организованные источники выделения (образования) вредных веществ*

#### ***Гальваническое производство***

Количество вредных веществ ( $M$ ,  $M'$ ), поступающих в атмосферный воздух от технологического оборудования гальванического участка, определяется по формулам

$$M = k \cdot m \cdot S \cdot T \cdot n \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \quad (7.1)$$

$$M' = k \cdot m \cdot S \cdot n, \quad (7.2)$$

где  $M$ ,  $M'$  – выделение вредных веществ, соответственно т/год и г/с;

$k$  – коэффициент эффективности местных отсосов ( $k = 0,9$ );

$m$  – количество вредных веществ, выделяющихся с поверхности зеркала ванны (таблица 7.1), г/(м<sup>2</sup> · ч);

$S$  – площадь поверхности зеркала ванны, м<sup>2</sup>;

$T$  – эффективный фонд рабочего времени, ч/год;

$n$  – количество единиц технологического оборудования.

В рассматриваемых процессах вредные вещества в основном выделяются в виде аэрозолей.

Объем промывных сточных вод гальванического производства следует принять равным количеству воды, расходуемому на промывку деталей. Расход воды на промывку ( $Q$ , л/ч) определяется по формуле

$$Q = n \cdot q \cdot F \cdot \sqrt[N]{(\alpha \times K)}, \quad (7.3)$$

где  $n$  – количество одинарных ванн промывки, прямоточных ступеней промывки или ванн (в том числе каскадных) с автономной подачей воды;

$q$  – удельный вынос (унос) раствора из ванны с поверхностью деталей (таблице 7.2), л/м<sup>2</sup>;

$F$  – площадь обрабатываемой поверхности в единицу времени (производительность линии или технологической ванны), м<sup>2</sup>/ч;

$N$  – количество ступеней промывки (одинарная ванна, одноступенчатая прямоточная промывка –  $N=1$ ; двухкаскадная промывка –  $N=2$ );

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий наличие ванны улавливания: 0,4 при одной ванне; 0,15 при двух ваннах и 0,06 при трех ваннах улавливания;

$K$  – кратность разбавления, или качество промывки (таблица 7.3).



Таблица 7.1 Удельные выбросы вредных веществ в процессах нанесения гальванических покрытий

Технологический процесс	Выделяющиеся вредные вещества	Количество вещества, выделяющееся с поверхности зеркала ванны, $m$ , г/( $m^2 \cdot ч$ )
Обезжиривание в растворах щелочи: химическое электрохимическое	NaOH NaOH	1,0 39,6
Химическое травление (обработка) изделий: в нагретых растворах щелочи в растворах HCl, концентрацией: до 200 г/л 200–250 г/л 250–300 г/л в разбавленных растворах HNO <sub>3</sub> (до 100 г/л)	NaOH HCl HCl HCl HNO <sub>3</sub>	198 1,1 3,0 10,0 10,8
Химическая и электрохимическая обработка металлов в растворах, содержащих H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , концентрацией: 150–350 г/л (анодирование, оксидирование алюминия)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	25,2
Химическая обработка металлов в растворах, содержащих H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> и ее соли (фосфатирование)	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2,16
Химическая обработка в растворах щелочи (оксидирование стали)	NaOH	198
Никелирование в сульфатных растворах	растворимые соли Ni	0,11
Покрытие сплавом олово-висмут	SnSO <sub>4</sub>	1,26
Наполнение в анилиновом красителе	анилин	0
Промасливание	масло минер.	0,05
Промывка в воде	–	–

Таблица 7.2 Удельный вынос раствора из ванны

Вид обработки	Норма удельного выноса, л/м <sup>2</sup>	
	кислые растворы	щелочные и хром-содержащие растворы
На подвесках	0,2	0,3
В колоколах и барабанах	0,4	0,6
В корзинах и сетках	0,5	0,75

Таблица 7.3 Кратность разбавления при промывке

Наименование операции, после которой производится промывка	Кратность разбавления
Анодирование	20 000
Активирование перед кислой ванной	1000
Активирование перед щелочной ванной	2000
Кадмирование кислотное	1733
Наполнение красителем	2000
Никелирование	5200
Обезжиривание	500
Обезжиривание перед анодированием алюминия	1000
Оксидирование щелочное	3800
Осветление алюминия	4800
Осветление цинковых и кадмиевых покрытий	180
Пассивирование цинковых и кадмиевых покрытий	8500
Покрытие олово-висмут	4000
Травление алюминия	1500
Травление цветных металлов	6000
Травление черных металлов	8600
Фосфатирование	1250
Хромирование	20 500
Цинкование кислотное	5000

*Задача 1.* Линия нанесения гальванического покрытия включает 9 ванн, через которые последовательно проходят обрабатываемые металлические детали (таблица 7.5). Во все ванны детали опускаются на подвесках, кроме ванн никелирования и покрытия сплавом олово–висмут, которые являются колокольными. Используя удельные показатели, определить валовые (годовые) выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и объем промывных сточных вод для процесса нанесения гальванических покрытий. Производительность гальванической линии  $F$ , м<sup>2</sup> покрытия в час, эффективный фонд рабочего времени  $T$ , ч/год (таблица 7.4).

Таблица 7.4 Варианты задачи 7.1

Вариант	Наименование процесса	$F$ , м <sup>2</sup> /ч	$T$ , ч/год
1	Фосфатирование стальных деталей	0,5	2050
2	Оксидирование стальных деталей	0,5	1000
3	Никелирование стальных деталей	0,8	4100
4	Покрытие стальных деталей сплавом олово–висмут	0,7	2050
5	Наполнение алюминиевых деталей в красителе	0,4	1000
6	Фосфатирование стальных деталей	1,0	4100
7	Оксидирование стальных деталей	1,0	2050
8	Никелирование стальных деталей	1,5	2050
9	Покрытие стальных деталей сплавом олово–висмут	0,5	1500
10	Наполнение алюминиевых деталей в красителе	0,7	1500

Таблица 7.5 Последовательность операций при нанесении гальванических покрытий

№о пе- ра- ции	S, м <sup>2</sup>	Назначениеванны				
		Наименованиепроцесса				
		Фосфати- рование	Оксиди- рование	Никели- рование	Покрытиес плавом олово- висмут	Наполнениев красителе
1	0,9	Химическое обезжири- ваниев растворе щелочи	Химическое обезжири- ваниев растворе щелочи	Химическое обезжири- ваниев растворе щелочи	Химическое обезжири- ваниев растворе щелочи	Химическое обезжири- ваниев растворе щелочи
2	0,6	горяч. 2- каскадная промывка	горяч. 2- каскадная промывка	горяч. 2- каскадная промывка	горяч. 2- каскадная промывка	горяч. проточная промывка
3	0,9	химическое травлениев растворе HCl(220г/л)	химическое травление в растворе HCl(220г/л)	химическое травлениев растворе HCl(220г/л)	химическое травлениев раствореHCl (280г/л)	химическое травлениев растворе NaOH
4	0,5	холод. 2-каскадная промывка	холод. 2-каскадная промывка	холод. 2-каскадная промывка	холод. 2-каскадная промывка	горяч. 2-каскадная промывка
5	0,8	химическое активиро- ваниев растворе HCl(50г/л)	химическое активиро- ваниев растворе HCl(50г/л)	химическое активиро- ваниев растворе HCl(50г/л)	химическое активиро- ваниев растворе HCl(50г/л)	осветление алюминия в растворе HNO <sub>3</sub>
6	0,5	холод. проточная промывка	холод. проточная промывка	холод. проточная промывка	холод. проточная промывка	анодиро- ваниев растворе H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (220г/л)

7	1,2	фосфати- рование растворе H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	химическое окси- рование	никелиро- ваниесуль- фатное	нанесение покрытия сплавом олово– висмут	холод. проточная промывка
8	0,6	холод. проточная промывка	горяч. 2-каскадная промывка	улавливание посленике- лирования	горяч. 2-каскадная промывка	наполнение в анили- красителе
9	0,5	горяч. 2-каскадная промывка	промас- ливание	холод. 2-каскадная промывка	промас- ливание	холод. проточная промывка

### ***Производство по переработке пластмасс***

Валовый выброс вредного вещества ( $M$ , т/год) при переработке пластмасс определяется по формуле

$$M = q_{yd} \cdot m \cdot 10^{-6} \quad (7.4)$$

Максимально разовый выброс ( $G$ , г/с) при переработке пластмасс рассчитывается по формуле

$$G = q_{yd} \cdot P_c \cdot n / 3600, \quad (7.5)$$

где  $q_{yd}$  – удельный выброс вредного вещества при переработке пластмасс (таблице 7.7), г/кг переработанного материала;

$m$  – масса переработанного материала, кг/год;

$P_c$  – максимальная производительность аппарата, кг/час;

$n$  – количество единиц оборудования.

**Задача 2.** Технологический процесс производства изделий из полимерных материалов включает стадии растаривания сырья, формования изделий и дробления отходов (бракованные изделия, облой, литники). Рассчитать валовый выброс вредных веществ в атмосферу для процесса, характеристики которого приведены в таблице 7.6. Количество отходов, образующихся при

обработке сформованных изделий (бракованные изделия, облой, литники), принять равным 10%.

Таблица 7.7 Удельные выбросы вредных веществ в атмосферу

Наименование процесса	Перерабатываемый материал	Выделяющиеся вещества	
		наименование	кол-во, г/кг
Литье под давлением	Полиэтилен	Кислота уксусная	0,4
		Углерода оксид	0,8
Литье под давлением	Полипропилен	Кислота уксусная	1,5
		Углерода оксид	1,0
Литье под давлением	Полистирол	Стирол	0,3
Литье под давлением	Полиамид	Аммиак	2,0
		Углерода оксид	1,0
Литье под давлением	Полиметилметакрилат	Метилметакрилат	0,5
Экструзия рукавной пленки	Полиэтилен	Кислота уксусная	0,35
		Углерода оксид	0,15
Экструзия труб	Полиэтилен	Кислота уксусная	0,5
		Углерода оксид	0,25
Экструзия труб	Поливинилхлорид	Винил хлористый	0,02
		Углерода оксид	0,5
Экструзия листа	Полистирол	Стирол	0,42
		Углерода оксид	0,3
Производство выдувных изделий	Полиэтилен	Кислота уксусная	0,4
		Углерода оксид	0,8
Растаривание сырья	Термопласты	Пыль термопластов	1,0
Дробление отходов	Термопласты	Пыль термопластов	0,7

Таблица 7.6 Исходные данные и варианты задачи 2

Вариант	Наименование процесса	Перерабатываемый материал	Количество перерабатываемого сырья, т/год
1	Литье под давлением	Полиэтилен	150
2	Литье под давлением	Полипропилен	1000
3	Литье под давлением	Полистирол	1500
4	Литье под давлением	Полиамид	500
5	Литье под давлением	Полиметилметакрилат	300
6	Экструзия рукавной пленки	Полиэтилен	100
7	Экструзия труб	Полиэтилен	1200
8	Экструзия труб	Поливинилхлорид	700
9	Экструзия листа	Полистирол	2500
10	Производство выдувных изделий	Полиэтилен	800

### *Деревообрабатывающее производство*

Количество отходов деревообработки ( $Q$ , т/год) рассчитывается по формуле

$$Q = V \cdot \gamma \cdot K \cdot 10^{-2} \quad (7.6)$$

Валовый выброс ( $M_v$ , т/год) рассчитывается по формуле

$$M_v = 0,9 \cdot Q_{отх} \cdot K_n \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-2} \quad (7.7)$$

Максимально разовый выброс ( $M_{вр}$ , г/с) для одного типа технологического оборудования рассчитывается по формуле

$$M_{вр} = 0,9 \cdot B_i \cdot n \cdot (1 - \eta), \quad (7.8)$$

где  $V$  – объем перерабатываемого материала, м<sup>3</sup>/год;  
 $\gamma$  – плотность материала, т/м<sup>3</sup>;

$K$  – удельное образование отходов, % от массы поступившего сырья (таблица 7.8);

$0,9$  – коэффициент эффективности местных отсосов;

$Q_{отх}$  – количество опилок и стружек (без учета кусковых отходов), выделяющихся при механической обработке древесного сырья, т/год;

$K_n$  – коэффициент содержания пыли в отходах (см. ниже), %;

$\eta$  – степень очистки пылеочистного оборудования, доли единицы;

$V_i$  – максимально возможный выход пыли, г/с;

$n$  – количество единиц технологического оборудования.

Содержание пыли (частицы размером менее 200 мкм) в отходах для различных способов механической обработки древесного сырья в среднем составляет, %: пиление – 36; строгание и фугование – 12,5; фрезерование – 12,0; шлифование – 90. В случае сочетания на предприятии различных способов механической обработки коэффициент содержания пыли в отходах ( $K_n$ ) определяется как средневзвешенная величина для всех групп деревообрабатывающих станков с учетом их количества и производительности.

*Задача 3.* В течение года на предприятие по производству мебели поступают пиломатериалы, древесные плиты, фанера в количестве, указанном в таблице 7.9. В этой же таблице приведены технологическое оборудование, на котором производится механическая обработка сырья, и вид получаемой продукции. Плотность древесного сырья составляет, т/м<sup>3</sup>: пиломатериалы хвойных пород – 0,45; пиломатериалы лиственных пород – 0,65; древесные плиты и фанера – 0,8. Рассчитать валовый выброс вредных веществ в атмосферу и количество образующихся отходов деревообработки. Степень очистки запыленного воздуха принять равной 90%.

Таблица 7.8 Удельное образование отходов по мебельному производству



Вид производства, продукция	Вид сырья	Удельное образование отходов (K), % от массы использованного сырья		
		кусковые	стружки	опилки
Черновые мебельные заготовки (ЧМЗ)	Пиломатериалы хвойны хпород	25,0	–	9,0
	Пиломатриалы лиственных пород	41,0	–	7,0
Чистые мебельные заготовки	Пиломатериалы хвойных пород	28,5	15,0	9,5
	Пиломатериалы лиственных пород	46,5	15,0	7,5
	ЧМЗ хвойных пород	8,2	22,0	0,6
	ЧМЗ лиственных пород	10,5	28,8	1,2
Детали заготовки	Древесные плиты, фанера	15,0	–	1,5

Таблица 7.9 Исходные данные и варианты задачи 3

Вариант	Перерабатываемое сырье	Объем перерабатываемого сырья, м <sup>3</sup> /год	Применяемые станки и их количество
1	Доски хвойных пород	400	круглопилен.–4; фрезерн.–5; строгальн.–5; фуговальн.–1; шлифовальн. – 1
	Плита древесная	800	
	Фанера	400	
2	Доски лиственных пород	500	круглопилен.–; фрезерн.–5; строгальн.–7; фуговальн.–2; шлифовальн. – 2
	Плита древесная	1000	
	Фанера	500	
3	Доски хвойных пород	400	круглопилен.– 5; фрезерн.–6; строгальн.–8; фуговальн.–3;
	Плита древесная	1200	
	Фанера	500	

			шлифовальн. – 2
4	Доски лиственных пород Плитадревесная Фанера	1000 1500 700	круглопильн.– 8; фрезерн.–8; строгальн.–10; фуговальн.–4; шлифовальн. – 3
5	Доски хвойных пород Плитадревесная Фанера	1500 2000 1200	круглопильн.–9; фрезерн.–9; строгальн.–10; фуговальн.–5; шлифовальн. – 5
6	Доски лиственных пород Плитадревесная Фанера	1200 1500 1000	круглопильн.–9; фрезерн.–9; строгальн.–9; фуговальн.–5; шлифовальн. – 4
7	Доски хвойных пород Плитадревесная Фанера	700 1200 800	круглопильн.–6; фрезерн.–9; строгальн.–7; фуговальн.–4; шлифовальн. – 2
8	Доски лиственных пород Плитадревесная Фанера	800 1000 1000	круглопильн.–6; фрезерн.–9; строгальн.–10; фуговальн.–4; шлифовальн. – 3
9	Доски хвойных пород Плитадревесная Фанера	900 1400 1200	круглопильн.–7; фрезерн.–8; строгальн.–9; фуговальн.–3; шлифовальн. – 3
10	Доски лиственных пород Плитадревесная Фанера	1100 1600 900	круглопильн.–8; фрезерн.–7; строгальн.–9; фуговальн.–3; шлифовальн. – 3

## Практическая работа № 8

### Определение индивидуального риска для окружающей среды «потребности и возможности»

Цель работы:

1. Выполнение тестового задания с целью оценки индивидуального использования природных ресурсов и воздействия на окружающую среду.
2. Обсуждение результатов теста.

#### **Методика проведения теста**

1. В рабочей тетради в столбик выпишите все разделы и номера тех утверждений в них, которые совпадают с Вашим стилем жизни.
2. Оцените каждое из утверждений и в целом раздел количеством баллов, которое приведено в табл. 8.1.
3. Сложите все набранные в разделах баллы с учетом примечаний (см. конец теста).

Таблица 8.1 Оценка объема потребления ресурсов человеком

<b>Используемый ресурс</b>	<b>Балл</b>
<b>1. Вода</b>	
1.1. Принимаю ванну каждый день	14
1.2. Моюсь в ванне не ежедневно, а 1–2 раза в неделю	2
1.3. Мытью в ванне предпочитаю ежедневный душ	4
1.4. Принимаю душ один раз в неделю. Больше не моюсь	1
1.5. Мою посуду в посудомоечной машине	6
1.6. Поливаю сад, огород или мою свою машину водой из водопровода	4
<b>2. Жилье</b>	
2.1. В моей квартире можно держать кошку, а собаке будет тесновато	7
2.2. У меня просторная квартира	12

2.3. Я живу в загородном доме на несколько семей	23
2.4. Я проживаю в отдельном коттедже	33
<b>3. Бумага</b>	
3.1. Книги я всегда покупаю, а не беру у знакомых или в библиотеке	2
3.2. Иногда покупаю, иногда одалживаю у друзей	1
3.3. Прочитав газету, выбрасываю ее	10
3.4. Газеты и журналы отдаю знакомым	5
<b>4. Еда</b>	
4.1. Я стараюсь покупать свежие продукты отечественного производства (сырое мясо, овощи, фрукты), из которых сам потом готовлю обед	2
4.2. Предпочитаю полуфабрикаты, замороженные готовые блюда и консервы, а место их производства меня не интересует	14
4.3. Предпочитаю полуфабрикаты местного производства	5
4.4. Я очень люблю мясо	85
4.5. Предпочитаю вегетарианскую пищу	30
4.6. В еде не особо разборчив, происхождением продуктов интересуюсь мало, главное, чтобы они были качественными	25
<b>5. Транспорт</b>	
5.1. У меня малолитражка типа «Оки»	40
5.2. У меня обычная «легковушка»	50
5.3. У меня крутой полноприводный автомобиль	75
5.4. Я привык пользоваться городским транспортом	25
5.5. Предпочитаю ходить пешком или ездить на велосипеде	3
<b>6. Тепло</b>	
6.1. Зимой в квартире всегда прохладно, и я хожу в свитере	5
6.2. Я могу регулировать отопление в зависимости от погоды	10
<b>7. Электричество</b>	
7.1. Выходя из комнаты, я всегда выключаю свет	10

7.2. Не пользуясь электроприборами (телевизором, видеомагнитофоном, СВЧ - печью и т.д.), я отключаю их от сети	10
<b>8. Отходы</b>	
8.1. Хотя бы раз в месяц я сдаю бутылки	15
8.2. Я сдаю макулатуру или складываю ее в специальный мусорный контейнер	17
8.3. То же самое я делаю с жестяными банками	10
8.4. И с пластиковыми бутылками то же	8
8.5. Из домашних органических отходов я делаю компост для своего загородного участка -	- 5
<b>9. Отпуск</b>	
9.1. В последний отпуск я летал на самолете	85
9.2. Ехал на поезде больше 12 часов	20
9.3. Ехал на поезде меньше 12 часов	10
9.4. Провел отпуск за городом на даче	5

***Примечания:***

1) Полученные в разделе «Жилье» очки надо поделить на число членов Вашей семьи.

2) Большинство из нас получает энергию для отопления своей квартиры, дачи или офиса на работе, используя невозполнимые источники энергии - нефть, газ, уголь. Поэтому сразу добавьте себе 75 баллов в раздел «Тепло».

3) Даже самые аккуратные люди «производят» отходы (мусор), поэтому сразу добавьте себе 100 баллов в раздел «Отходы».

4) Если Вы живете в городе с населением в полмиллиона человек и больше, умножьте результат на 2.

***Результат теста.***

Оцените полученный результат по следующим данным: каждые 100 баллов означают, что для обслуживания Вашей жизни

требуется 1 гектар земной поверхности. У Вас получился персональный «участок».

**Сделайте вывод вашего «индивидуального риска для окружающей среды»:**

– меньше 2 гектаров – вреда от Вас природе почти никакого. Если бы так вело себя все человечество, то экологическая ситуация на Земле не ухудшалась бы. Сейчас так, «по средствам» живет примерно 2/3 населения планеты;

– 2 - 4 гектара – Вы принадлежите к 15 % человечества, которые потребляют ресурсов в два раза больше нормы;

– 4 - 6 гектаров – 7 % землян ведут такой «антиэкологический» образ жизни;

– 6 - 8 гектаров – по данным экспертов «NewScientist», таких «землевладельцев» на планете 3 %;

– больше 8 гектаров – так «хорошо» живут примерно 5 % населения земного шара. Крепко спят, вкусно едят... И совсем не заботятся о том, в каком мире будут жить их внуки и правнуки.

## ТЕСТ по дисциплине «Менеджмент экологических рисков»

Цель работы:

1. Выполнение тестового задания с целью оценки усвоения дисциплины.
2. Обсуждение результатов теста.

### *Методика проведения теста*

1. Ответы на вопросы оформите в виде таблицы 9.1.
2. Правильных ответов может быть несколько, надо указать все правильные варианты ответов. Ответы дополните краткими комментариями.

Таблицы 9.1. Форма регистрации ответов на вопросы теста

№ вопроса	Текст вопроса	Возможные ответы	Ответ, комментарии

### *Вопросы к тесту*

#### **1. Дайте определение «риск».**

1. Смелость в преодолении опасности;
2. Проявление отваги в экстренной ситуации;
3. Иероятность наступления опасности с конкретными последствиями и неопределенной величиной ущерба;
4. Количественная или качественная оценка опасности;
5. Бравада в поведении.

#### **2. Какие основные компоненты риска?**

1. Опасность;
2. Безопасность;
3. Ущерб;
4. Выгода;
5. Затраты;

6. Неопределенность.

**3. По каким основным признакам отличается технический риск от экологического?**

1. Организационными;
2. Объектами риска;
3. Системами ответственных органов;
4. Интегральными;
5. Прочими признаками.

**4. Что означает термин «опасность»?**

1. Способ реализации риска;
2. Источник наступления события, который может привести к нежелательным последствиям;
3. Специфика производственного объекта;
4. Причина возникновения ущерба;
5. Потенциальная угроза возникновения ущерба или другой формы реализации риска;

**5. Что называется энергией?**

1. Способность совершать работу;
2. Сила воздействия;
3. Мера движения;
4. Мера взаимодействия;
5. Количественная мера описания процессов и превращений.

**6. Анализ риска, что это?**

1. Этапы;
2. Шаги;
3. Процедуры;
4. Схемы;
5. Модели.

**7. Что называется редким событием?**

1. Событие, происходящее раз в год;
2. Событие, происходящее раз в 10 лет;



3. Событие, происходящее раз в 100 лет;
4. Событие, происходящее раз в 100 лет;
5. Событие, происходящее раз в миллион лет.

#### **8. Что такое «уязвимость»**

1. Реакция на неприятное воздействие;
2. Степень реализации конкретной опасности;
3. Интенсивность, с которой может реализоваться данная опасность;
4. Мера взаимодействия;
5. Характеристика потенциальной емкости процесса.

#### **9. Определение «управление рисками».**

1. Процесс оценки и анализа риска;
2. Процесс определения и обоснования мер для обеспечения приемлемого уровня безопасности;
3. Процесс взаимодействия экспертной группы по реализации мероприятий;
4. Анализ, планирование, реализацию мер, контроль, корректирующие действия;
5. Оценка величины риска, ущербов для здоровья населения, возможных затрат на решение мер по снижению риска.

#### **10. Основные факторы возникновения риска?**

1. Отказы в работе технологических систем из-за конструктивных недостатков и воздействия окружающей среды;
2. Нарушения правил технического обслуживания и низкий профессионализм работников;
3. Отказы в работе технологического оборудования, систем обеспечения безопасности, ошибки персонала;
4. Отказы в работе систем вследствие конструктивных недостатков, низкого качества изготовления, нарушения правил технического обслуживания, отклонения от нормальных условий эксплуатации, внешних воздействия;

5. Терроризм, низкая культура производства, конструктивные недостатки технологического оборудования, воздействия внешних факторов

**11. Перечислите методы обнаружения опасностей.**

1. Инженерный, экспертный, визуальный, регистрационный, органолептический

2. Инженерный, экспертный, социологический, регистрационный, органолептический.

3. Инженерный, социологический, экспертный, анализ отказов, органолептический;

4. Инженерный, сигнальный, социологический, регистрационный, органолептический

5. прогноз опасностей, экспертный, социологический, регистрационный, органолептический.

**12. Чем отличается объективный метод оценки риска от субъективного метода?**

1. Ничем;

2. Только выделением главного риска;

3. Только выделением статистики;

4. Только психикой;

5. Способом учета внешних и внутренних факторов.

**13. Что называется пороговым эффектом?**

1. Подход системы к критическому состоянию;

2. Переход системы в новое состояние;

3. Достижение параметрами системы своих критических значений;

4. Потеря системой устойчивости;

5. Переход системы в состояние неустойчивого равновесия.

**14. В чем состоит основное различие между "косным" и "живым" веществом?**

1. Ни в чем;

2. Косное вещество формирует окружающую среду, а живое – нет;
3. Живое вещество выполняет средообразующую функцию, а косное – нет;
4. В функциональном назначении;
5. В химическом, морфологическом и структурном различии.

**15. Какой методологический подход является основным в обнаружении рисков?**

1. Подход, основанный на наблюдениях;
2. Подход, основанный на эксперименте;
3. Подход, основанный на моделировании;
4. Подход, основанный на технологиях и инженерных средствах;
5. Системный подход.

**16. Какие основные тенденции имеют место в изменении численности населения Земли?**

1. Не контролируемый рост;
2. Незначительное увеличение;
3. Незначительное уменьшение;
4. Перспектива стабилизации;
5. Неопределенность.

**17. Возможна ли ситуация абсолютной безопасности?**

1. Возможна;
2. Возможна частично;
3. Возможна, если прекратить хозяйственную деятельность;
4. Невозможна;
5. Будет возможна в будущем.

**18. Приемлемый экологический риск – это...**

1. Риск, уровень которого определяется как 1% от предельно допустимого экологического риска;

2. Риск, уровень которого оправдан с точки зрения как экологических, так и экономических, социальных и других проблем в конкретном обществе и в конкретное время;

3. Риск совокупности неблагоприятных экологических эффектов;

4. Риск, обусловленный наличием эффектов социальной среды обитания человека и природы;

5. Риск, уровень которого отражает распределение риска в пространстве, вероятность неблагоприятное экологическое воздействия на человека.

### **19. Предельно допустимый экологический риск – это....**

1. Риск, уровень которого определяется как 1% от предельно допустимого экологического риска;

2. Риск, уровень которого оправдан с точки зрения как экологических, так и экономических, социальных и других проблем в конкретном обществе и в конкретное время;

3. Риск совокупности неблагоприятных экологических эффектов, максимальный уровень приемлемого риска;

4. Риск, обусловленный наличием эффектов социальной среды обитания человека и природы;

5. Риск, уровень которого отражает распределение риска в пространстве, вероятность неблагоприятное экологическое воздействия на человека.

### **20. Пренебрежимый экологический риск – это...**

1. Риск, уровень которого определяется как 1% от предельно допустимого экологического риска;

2. Риск, уровень которого оправдан с точки зрения как экологических, так и экономических, социальных и других проблем в конкретном обществе и в конкретное время;

3. Риск совокупности неблагоприятных экологических эффектов, максимальный уровень приемлемого риска;

4. Риск, обусловленный наличием эффектов социальной среды обитания человека и природы;

5. Риск, уровень которого отражает распределение риска в пространстве, вероятность неблагоприятное экологическое воздействия на человека.

### **21. Фоновый риск - это риск...**

1. Риск, уровень которого определяется как 1% от предельно допустимого экологического риска;

2. Риск, уровень которого оправдан с точки зрения как экологических, так и экономических, социальных и других проблем в конкретном обществе и в конкретное время;

3. Риск совокупности неблагоприятных экологических эффектов, максимальный уровень приемлемого риска;

4. Риск, обусловленный наличием эффектов социальной среды обитания человека и природы;

5. Риск, уровень которого отражает распределение риска в пространстве, вероятность неблагоприятное экологическое воздействия на человека.

### **22. Индивидуальный экологический риск - это...**

1. Риск, уровень которого определяется как 1% от предельно допустимого экологического риска;

2. Риск, уровень которого оправдан с точки зрения как экологических, так и экономических, социальных и других проблем в конкретном обществе и в конкретное время;

3. Риск совокупности неблагоприятных экологических эффектов, максимальный уровень приемлемого риска;

4. Риск, обусловленный наличием эффектов социальной среды обитания человека и природы;

5. Риск, уровень которого отражает распределение риска в пространстве, вероятность неблагоприятное экологическое воздействия на человека.

### **23. Какова размерность европейской матрицы риска?**

1. 3x3;

2. 5x5;

3. 8x8;
4. 10x10;
5. 12x12.

**24. Что такое экологическая безопасность?**

1. Ощущение человека;
2. Качественный параметр состояния окружающей среды;
3. Количественные параметры окружающей среды;
4. Защищенность человека и окружающей среды;
5. Степень оценки угроз экосистемам и человеку.

**25. Что такое экологический риск?**

1. Мера вероятности нарушения естественных процессов в экосистемах;
2. Вероятность опасности человеку и экосистемам;
3. Инструмент определения опасности и ущерба человеку;
4. Количественная или качественная оценка ущерба человеку и биосфере;
5. Инструмент исследования количественной или качественной оценки экологической опасности неблагоприятных воздействий на окружающую среду.

**26. Из скольких компонентов складывается характеристика риска?**

1. Из двух;
2. Из трех;
3. Из шести;
4. Из восьми;
5. Из четырех.

**27. Как называются вещества способные бесконечно накапливаться в организме человека?**

1. Токсиканты;
2. Вредные вещества;
3. Химические вещества;
4. Канцерогены;

5. Отравляющие вещества и излучения.

**28. Что означает термин "устойчивое развитие"?**

1. Плохо сформулированную мысль;
2. Цель, провозглашенную человечеством;
3. Желаемое направление развития человеческой цивилизации;
4. Уловку "истэблишмента";
5. Деятельность общества.

**29. Что такое природные чрезвычайные ситуации?**

1. Масштабные грозные природные явления, сопровождающиеся человеческими жертвами и значительным материальным ущербом;
2. Наводнения;
3. Землетрясения;
4. Цунами;
5. Падение крупных метеоритов.

**30. Что такое экологический контроль?**

1. Система отслеживания;
2. Система проверок;
3. Система сравнения;
4. Инструмент органов управления;
5. Сопоставление контролируемых и базовых параметров на предмет их соответствия.

**31. Что такое экологическое страхование?**

1. Система безопасности;
2. Система сбора денег;
3. Система, обеспечивающая компенсацию за нанесение ущерба окружающей среде;
4. Плата за пользование природой;
5. Обеспечение безопасности окружающей среды в интересах будущих поколений.

**32. Что такое экологический менеджмент?**

1. Совокупность мероприятий;
2. Совокупность планов;
3. Экономический инструмент;
4. Система управления и обеспечения экологической безопасности;
5. Система взглядов на проблемы экологии.

**33. Что такое экологический аудит?**

1. Проверка правильности ведения дел;
2. Совокупность контрольных мероприятий;
3. Полнота и точность отражения деятельности предприятия;
4. Независимая проверка природоохранной отчетности;
5. Деятельность в интересах охраны окружающей среды.

**34. Сколько основных шагов предлагается в управлении экологическими рисками промышленных предприятий?**

1. восемь;
2. семь;
3. Четыре;
4. Пять;
5. Десять.

**35. Что такое радиационные риски?**

1. Угроза радиоактивного облучения;
2. Наличие радиоактивных веществ на конкретной территории;
3. Слухи;
4. Человеческий фактор;
5. Неквалифицированное обращение с радиоактивными материалами.

**36. Что называют экологически рискованной территорией?**

1. Территория города;
2. Территория вокруг города;



3. Территория с нарушенными экосистемами;
4. Территория, на которой осуществляется интенсивная хозяйственная деятельность;
5. Территория, на которой уровень загрязнения превышает нормативный уровень.

**37. Что понимается под риском потери качества окружающей среды?**

1. Состояние окружающей среды;
2. Субъективное ощущение отдельного человека;
3. То, что сообщается властями в своих отчетах;
4. Соответствие сопоставляемых параметров с их базовыми значениями, принимаемыми за эталон качества;
5. Мнение широкой общественности.

**38. Что такое интегральные экологические показатели?**

1. Показатели, получаемые при проведении измерений;
2. Показатели, получаемые при обработке данных наблюдения;
3. Информация об объекте, получаемая из разных источников;
4. Специально отобранные и сформированные по определенным правилам показатели;
5. Все показатели, если они в целом описывают состояние контролируемого объекта, например, риск.

**39. В чем проявляется современный экологический кризис?**

1. В озабоченности человека состоянием природы;
2. В деградации и разрушении окружающей среды;
3. В перенаселенности;
4. В нехватке продуктов питания;
5. В риске истощения ресурсов.

**40. Что такое парадигма рисков?**

1. Выдумка философов;
2. Удобный и полезный метод оценки;

3. Мировоззрение;
4. Точка зрения;
5. Система взглядов на инструменты оценки и управления феноменами, разделяемая большинством членов общества.

**41. В каком Международном стандарте изложены общие подходы по руководству рисками:**

1. ISO 14000;
2. ISO 18000;
3. ISO 22000;
4. ISO 31000;
5. ISO 50000.

**42. Основные принципы концепции устойчивого развития выделяется три наиболее значимых принципа:**

1. Принцип строгой устойчивости управленческой деятельности, принцип слабой устойчивости управленческой деятельности, принцип критической устойчивости управленческой деятельности;

2. Принцип критической устойчивости управленческой деятельности, принцип социальной безопасности управленческой деятельности, принцип экономической целесообразности;

3. Принцип общественной целесообразности управленческой деятельности, принцип строгой устойчивости управленческой деятельности, принцип экономической целесообразности управленческой деятельности;

4. Принцип общественной целесообразности управленческой деятельности, принцип социальной безопасности управленческой деятельности, принцип слабой устойчивости управленческой деятельности;

5. Принцип общественной целесообразности управленческой деятельности, принцип социальной безопасности управленческой деятельности, принцип экономической.

**43. Какие факторы риска учитываются при «анализе риска»**

1. Вероятность событий и последствий; характер и масштабы последствий; сложность и связность; временной фактор; результативность средств управления; уровни чувствительности и достоверности.

2. Вероятность событий и последствий; характер и масштабы последствий; сложность и связность; результативность существующих средств управления; уровни чувствительности и достоверности;

3. Вероятность событий и последствий; характер и масштабы последствий; сложность и связность; связанные со временем факторы и волатильность; результативность существующих средств управления;

4. Вероятность событий и последствий; характер и масштабы последствий; сложность и связность; временной фактор; уровни чувствительности и достоверности;

5. Характер и масштабы последствий; сложность и связность; связанные со временем факторы и волатильность; результативность существующих средств управления; уровни чувствительности и достоверности.

#### **44.Перечислите методы по управлению группами рисков:**

1. Проверяющие, технологические, информационно-просветительские, исключения рисков, нормирующие, контрольные, взыскательно-возмещающие, передачи рисков, стимулирующие;

2. Проверяющие, технологические, административные, исключения рисков, нормирующие, контрольные, взыскательно-возмещающие, передачи рисков, стимулирующие;

3. Технологические, информационно-просветительские, исключения рисков, нормирующие, контрольные, взыскательно-возмещающие, рыночные, передачи рисков, стимулирующие;

4. Нормирующие, проверяющие, сертификационные, информационно-просветительские, исключения рисков, контрольные, взыскательно-возмещающие, передачи рисков, стимулирующие;

5. Стимулирующие, технологические, сравнительные, информационно-просветительские, исключения рисков, проверяющие, нормирующие, контрольные, взыскательно-возмещающие, передачи рисков,

#### **45. Основные функции реализации риск-менеджмента**

1. Сбор информации, организация, контроль;
2. Контроль, планирование, мониторинг;
3. Планирование, контроль, принятие решений;
4. Планирование, организация, контроль;
5. Организация, планирование, сертификация.

#### **46. Принцип эколого-экономической сбалансированности – это...**

1. Формирование единой системы мониторинга воздействий для обеспечения эффективного, экологобезопасного ведения производственной деятельности;

2. Формирование единой системы сертификации природоохранной деятельности для обеспечения эффективного, экологобезопасного ведения производственной деятельности;

3. Формирование единой социально-эколого-экономической системы для обеспечения эффективного, экологобезопасного ведения производственной деятельности;

4. Формирование единой управленческой экономической системы для обеспечения эффективного, экологобезопасного ведения производственной деятельности;

5. Формирование единой социально-эколого-экономической системы для обеспечения эффективного, экологобезопасного ведения производственной деятельности.

#### **47. Перечислите способы воздействия на уровень технико-экологических рисков промышленного предприятия.**

1. Пренебрежение рисками, снижение рисков, сохранение (принятие) рисков, передача (перенос) рисков;
2. Снижение рисков, уклонение от рисков, обучение персонала, передача (перенос) рисков;
3. Уклонение от рисков, сохранение (принятие) рисков, сертификация производства, передача (перенос) рисков;
4. Уклонение от рисков, мониторинг рисков, сохранение (принятие) рисков, передача (перенос) рисков;
5. Уклонение от рисков, снижение рисков, сохранение (принятие) рисков, передача (перенос) рисков.

#### **48. Основные принципы риск-менеджмента:**

1. Комплексность, непрерывность, интеграция;
2. Непрерывность, комплексность, системность;
3. Обоснованность, непрерывность, интеграция;
4. Доступность, комплексность, интеграция;
5. Интеграция, комплексность, осведомленность

#### **49. Основные методы риск-менеджмента:**

1. Методы избежания риска; методы повышения профессионализма работников; методы уменьшения ущерба; компенсация ущерба;
2. Методы мониторинга риска; методы снижения вероятности проявления неблагоприятного события; передача риска; компенсация ущерба;
3. Методы избежания риска; методы снижения вероятности проявления неблагоприятного события; методы уменьшения ущерба; передача риска; компенсация ущерба;
4. Методы наблюдения за рисками; методы снижения вероятности проявления неблагоприятного события; методы уменьшения ущерба; компенсация ущерба;
5. Методы мониторинга риска; методы снижения вероятности проявления неблагоприятного события; методы уменьшения ущерба; передача риска.

## **50. Классификация источников экологических рисков**

1. Хронические, аварийные, накопленное загрязнение;
2. Случайные, аварийные, накопленное загрязнение;
3. Хронические, природные, накопленное загрязнение;
4. Случайные, природные, аварийные, накопленное загрязнение;
5. Хронические, антропогенные, аварийные.

## **51. Критерии безопасности техносферы – это.....**

1. Ограничения, вводимые на время производственного цикла продукции;
2. Ограничения, вводимые на эксплуатацию технологического оборудования;
3. Ограничения, вводимые для концентрации веществ и потоков энергий в жизненном пространстве;
4. Ограничения, вводимые на концентрацию и объем выбросов в жизненном пространстве;
5. Ограничения, вводимые на продолжительность рабочей смены.

## **52. Подходы к нормированию в области охраны окружающей среды и рационального природопользования:**

1. Индивидуальный, детерминированный;
2. Детерминированный, вероятностный;
3. Системный, вероятностный;
4. Индивидуальный, системный;
5. Вероятностный, индивидуальный.

## **53. Группы методов для количественной оценки риска:**

1. Статистические, расчетно-аналитические, экспертные;
2. Статистические, математические, экспертные;
3. Интегральные, расчетно-аналитические, экспертные;
4. Статистические, интегральные, расчетно-аналитические; экспертные, обобщенные;
5. Математические, обобщенные, экспертные.

#### **54. Бенчмаркинг – это ....**

1. Постоянный систематический процесс повышения профессионализма;
2. Постоянный систематический процесс повышения качества выпускаемой продукции;
3. Постоянный систематический процесс сравнения эффективности функционирования предприятия;
4. Постоянный систематический процесс повышения качества компонентов окружающей среды;
5. Постоянный систематический процесс роста объемов выпускаемой продукции, оказываемых услуг.

#### **55. Основой для качественных методов анализа опасностей «Что будет, если...?» является:**

1. Мониторинг условий эксплуатации объекта требованиям промышленной безопасности;
2. Анализ условий эксплуатации объекта с требованиями промышленной безопасности;
3. Сравнение условий эксплуатации объекта с требованиями промышленной безопасности;
4. Изучение соответствия условий эксплуатации объекта или проекта требованиям промышленной безопасности;
5. Разработка условий эксплуатации объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности.

#### **56. Что такое оценка риска «Методом Дельфи»?**

1. Гадание на кофейной гуще;
2. Прогноз экспертов;
3. Предсказания;
4. Мнение руководства предприятия;
5. Мнение экспертов.

#### **57. Выберите правильный вариант формулы оценки экологического риска**

1.  $R = \sum p_i \cdot T_i$ ;

2.  $R_T = \Delta T(t) / T(f)$ ;
3.  $R_o = \Delta O(t) / O$ ;
4.  $R_H = P(t) / L(f)$ ;
5.  $R_c = (1000 \cdot (C_1 - C_2)) / L$ ;
6.  $R_3 = (B / \Pi) \cdot 100$

**58. Правило "шести М" для построения диаграммы Исикавы**

1. Материал, люди, оборудование, деньги, менеджмент, измерение;
2. Метод, люди, материал, оборудование, обучение, измерение;
3. Оборудование, персонал, сырье, метод, менеджмент,
4. Мониторинг, материал, персонал, деньги, управление, измерение;
5. Люди, материал, оборудование, метод, менеджмент, измерение.

**59. В каком Международном стандарте изложены технологии оценки риска**

1. ISO 14050;
2. ISO 18000;
3. ISO 22001;
4. ISO 31010;
5. ISO 50010.

**60. Для определение индекса экологического риска необходима информация об:**

1. Источниках экологических рисков, планах по их снижению, планах по их полному устранению;
2. Аспектах деятельности предприятия, воздействиях на окружающую среду, планах по экологической осведомленности работников;



3. Источниках экологических рисков, планах по экологической осведомленности работников, планах по устранению рисков;

4. Источниках воздействий на окружающую среду, планах по снижению уровня риска, планах по полному устранению риска;

5. Источниках экологических рисков, планах по их снижению, источниках финансирования мероприятий по снижению риска.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. / Нац. Комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь. – Введ. – 02.05.2017. – Минск, 2017. – 148 с.
2. Черняховский, Э. Р. Управление экологической безопасностью / Э. Р. Черняховский. – М.: Альфа-Пресс, 2007. – 248 с.
3. Инновационный менеджмент / под. ред. С. Д. Ильенковой. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 186 с.
4. Вишняков, Я. Д. Общая теория рисков/ Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. – М.: ИЦ «Академия», 2007. – 388 с.
5. Серов, Г.П. Техногенная и экологическая безопасность в практике деятельности предприятий / Г.П. Серов. – М.: Ось-89, 2009. – 512 с.
6. Борисова, М.Б. Экологически безопасная деятельность предприятия: особенности, проблемы, совершенствование / М.Б. Борисова. – М.: Ось-89, 2009. – 116 с.
7. Зеркалов, Д.В. Экологическая безопасность: Хрестоматия - Электронное издание. – К.: Основа, 2009. – 514с.
8. Кривошеин, Д.А., Дмитренко, В.П., Федотова, Н.В. Основы экологической безопасности производств: Учебное пособие / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Федотова. – Москва: Издательский центр «Академия», 2015. – 336 с.
9. Елохин, А.Н. Анализ управления рисками: Теория и практика / А.Н.Елохин. – М.: ООО «Полимедиа», 2014. – 192 с.
10. Вишняков, Я. Д. Общая теория рисков/ Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. – М.: ИЦ «Академия», 2013. – 388 с.
11. Ваганов, П. А. Экологические риски: учеб. пособие / П. А. Ваганов, Ман-Сунг Им. – [2-е изд.] – СПб.: Изд-во С.–Петерб. ун-та, 2011. – 152 с.
12. Чернова, Г. В., Кудрявцева, А. А. Управление рисками / Г. В. Чернова, А.А. Кудрявцева. М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2007. – 160 с.

13. Морзак, Г.И., Сидорская, Н.В., Родькин, О.И., Малькевич, Н.Г. Управление экологической безопасностью предприятия. ЭУМК // БНТУ/ЭУМК-ФГДЭ89, от 05.07.2018 г.
14. Мясникович, М.В. Национальная безопасность Республики Беларусь. Современное состояние и перспективы: монография / М.В. Мясникович, М.В. Пузикова. – Минск: Изд-во «Экономика и право», 2011. – 451 с.
15. Оценка воздействия на окружающую среду и экологический контроль: методическое пособие по дисциплинам «Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза» и «Производственный экологический контроль и экологическое аудирование» для студентов очной и заочной форм обучения специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / сост. В.Н. Марцуль, А.Б. Мошев. – Мн.: БГТУ, 2005. – 70 с.
16. Борцова, С. Практические рекомендации по оценке экологических рисков / С. Борцова, И. Конюхова, З. Мирджалалова, О. Печенюк, Л. Сливченко. – Б.: 2015. – 130 с.
17. Сыса, А. Г. Моделирование экологических процессов и оценка рисков техногенного и радионуклидного загрязнения: Методические указания по проведению лабораторных работ / А. Г. Сыса. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 59 с.
18. Марунин, В.И. Основы экологического риска. Практикум: учебное пособие / В.И. Марунин, Л.А. Авдоница, под редакцией Н.Н. Вершинина. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. – 118с.
19. Сынзыныс, Б.И. Экологический риск: Учебное пособие для вузов / Б.И. Сынзыныс, Е.Н. Тянтова, О.П. Мелехова; под ред. Г.В. Козьмина. – М.: Логос, 2005. – 168 с.
20. Тихомиров, Н.П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками / Н.П. Тихомиров, И.М. Потравный, Т.М.Тихомирова; под ред. Н.П. Тихомирова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2015. – 350с.

21. Фалеев, М.И. Управление рисками техногенных катастроф стихийных бедствий: монография/ М.И. Фалеев. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. – 270 с.
22. ISO 31010:2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» (IEC 31010:2019 «Risk management - Risk assessment techniques». NEQ): <https://www.iso.org/ru/standard/72140>.
23. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы руководства (ISO 31000:2018, Risk management— Guidelines, ИДТ), ФГУП СТАМДАРТИНФОРМ», Москва, 2020, 12 с.
24. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска (IEC 31010:2019, NEQ), ФГУП СТАМДАРТИНФОРМ», Москва, 2020. – 90 с.
25. Масилевич, Н.А. Концептуальные аспекты управления экологическими рисками / Н.А. Масилевич. УО БГТУ. – Минск: БГТУ, 2016 – 123 с.
26. Башкин, В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование/ В.Н. Башкин. – М.: Высшая школа, 2007. – 360 с.
27. Дыганова, Р.Я. Управление экологической безопасностью и рисками: учебное пособие/ Р. Я. Дыганова, Б. Г. Петров, В. В. Киселев. – Казань: Ред.-изд. отд. КГЭУ, 2014. – 183 с.
28. Питулько, В.М. Техногенные системы и экологический риск: учебник / В.М. Питулько, В.В. Кулибаба, В.В. Растоскуев. – М.: Академия, 2013. – 350 с.
29. Фрумин, Г. Т. Техногенные системы и экологический риск: учебное пособие / Г. Т. Фрумин. – СПб: СпецЛит, 2016. – 135 с.
30. Гвоздева, Е.А. Риск-менеджмент: Учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки «Экономика» / Е.А. Гвоздева. – Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт, 2015. – 86 с.