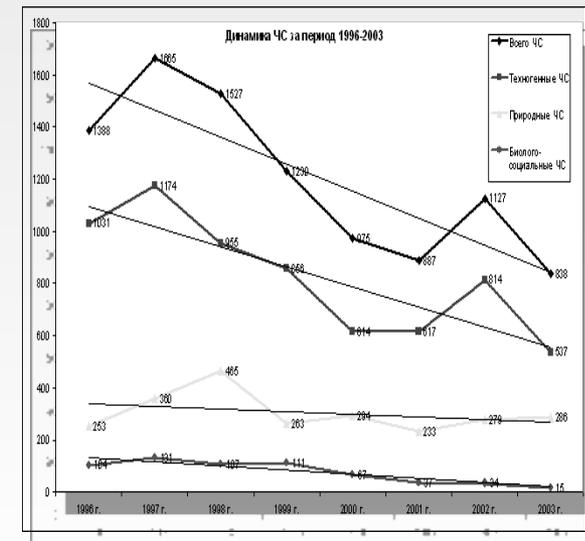
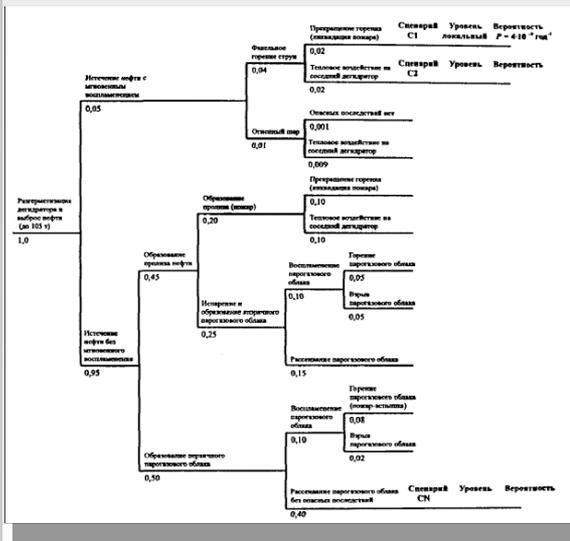


ДИСЦИПЛИНА

# «Управление рисками, системный анализ и моделирование»

Направление 280700 «Техносферная безопасность»  
Магистерская программа «Утилизация и переработка техногенных отходов»  
(Кафедра охраны окружающей среды)



- Трудоемкость дисциплины – 3 зачетных единицы (108 часов)
- Лекции – 16 часов
- Практические занятия – 18 часов
- Самостоятельная работа – 36 часов
- Изучение курса завершается экзаменом.

## Цель курса

- Передать студентами прочных теоретические знания и практические навыки в области оценки и управления рисками объектов и процессов техносферы, а также системного анализа и моделирования процессов для повышения безопасности их эксплуатации.

## Задачи курса

- изучение основ системного анализа, моделирования и управления рисками систем и процессов и получение практических навыков их применения
- изучение теоретических основ разработки и внедрения систем управления рисками.
- освоение практического блока заданий с использованием программных продуктов, обеспечивающих проведение анализа, оценки и управления рисками

# **ФОРМЫ КОНТРОЛЯ**

- **Текущий контроль качества процесса обучения**
  - Выполнение индивидуальных заданий
  - Выполнение промежуточного тестирования
  - Выполнение практических заданий
  - Самоконтроль студентов
- **Итоговый экзамен**

## **Информационные ресурсы и образовательные технологии**

- Мультимедийные лекции
- Программное обеспечение для анализа и оценки рисков
- Учебные пособия

# Структура и модульное содержание дисциплины

Номер и наименование модуля	Наименование разделов
М1. Основы управление рисками, системного анализа и моделирования	Раздел 1. Понятие и сущность риска
	Раздел 2. Системный анализ и моделирование систем и процессов
М2. Оценка рисков с применением методов системного анализа и моделирования процессов	Раздел 3. Идентификация рисков
	Раздел 4 . Анализ и оценка рисков.
М3. Управление рисками	Раздел 5. Методы управления рисками
	Раздел 6. Управление рисками на предприятии
М4. Информационное и программное обеспечение анализа, оценки и управления рисками	Раздел 7. Программное обеспечение для моделирования риска
	Раздел 8. Программное обеспечение для расчета количественной оценки риска

## Тема 1.1. Основные понятия о рисках.

- Случайные события. Источники риска. Риск и вероятность. Объективное и субъективное понимание риска. Основные подходы к классификации рисков. Промышленные, экологические, инвестиционные, кредитные, технические, политические, финансовые риски.

### Оценки уровней риска некоторых неблагоприятных событий для жителей и работающего населения России

Содержание риска	Частота гибели людей, 1/чел. в год
Летальный исход от злокачественных новообразований	$2 \times 10^{-3}$
Получение производственной травмы	$1,3 \times 10^{-4}$
Несчастный случай и травма во вне рабочее время	$2,34 \times 10^{-3}$
Авиационная катастрофа	$8 \times 10^{-5}$
Авария с ядерным реактором	$1 \times 10^{-7}$
Дорожно-транспортное происшествие	$2,4 \times 10^{-4}$
Падение или удар падающим предметом	$1,06 \times 10^{-4}$
Опасные факторы пожара и взрыва	$4 \times 10^{-5}$
Болезни человека в возрасте до 20 лет	$6 \times 10^{-3}$
Стихийные бедствия (молния, ураган, наводнение)	$6 \times 10^{-7}$
Травмирование при занятиях акробатикой	$5 \times 10^{-3}$
Поражающее действие электротока	$6 \times 10^{-6}$
Убийство	$3,09 \cdot 10^{-4}$
Гибель от случайного отравления алкоголем	$3,12 \cdot 10^{-4}$

# Классификация рисков

- *по источникам риска* – **техногенный** риск, источником которого является хозяйственная деятельность человека, и **природный** риск, связанный с воздействием природных явлений (землетрясения, наводнения, ураганы и т.д.);
- *по уровню воздействия* – **локальный** и **глобальный**;
- *по частоте воздействия* – **постоянный** риск (риск воздействия существует постоянно), **периодический** (риск, возникающий время от времени) и **разовый** (риск, появляющийся при возникновении нестандартной ситуации);
- *по восприятию людьми* – **добровольный** риск (для персонала, работающего на опасном производственном объекте) и **принудительный** (для населения, живущего вблизи опасного производственного объекта);
- *по отношению к сферам человеческой деятельности* – **коммерческий, социально-бытовой, политический, технологический** риски и **риск в природопользовании**;
- *по характеру наносимого ущерба* – **экономический, экологический и социальный** риски;
- *по степени допустимости* - **пренебрежимый, приемлемый, предельно-допустимый, чрезмерный**.

## Тема 1.2. Методологические основы управления рисками.

- *Анализ и оценка рисков. Понятие ущерба. Основные подходы к управлению рисками. Управление экологическими рисками. Общая схема процесса управления рисками.*

**Оценка риска** – это количественное описание выявленных рисков, в ходе которого определяются такие их характеристики, как вероятность и размер возможного ущерба.

$$\text{РИСК} = \text{Вероятность} * \text{Ущерб}$$

**Методы оценки:**      *вероятностные методы  
метод построения деревьев событий  
метод экспертных оценок  
и т.д.*

## Тема 2.1. Понятие системного анализа.

- *Понятие системы. Классификация систем. Техносфера как система. Управление системами на основе математических моделей.*
- ***Техносфера – район биосферы, в прошлом преобразованный людьми с помощью прямого или косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия своим материальным и социально-экономическим потребностям.***

# Общесистемные закономерности

1. Закономерности взаимодействия части и целого	1.1 Эмерджентность (или интегративность)	Возникновение в системе новых интегративных качеств, не свойственных ее компонентам в отдельности.
	1.2 Целостность.	Изменение в одном элементе системы вызывает изменения во всех других элементах и в системе в целом.
2. Закономерности иерархической упорядоченности систем	2.1 Коммуникативность	Любая система не изолирована от других систем, но связана множеством коммуникаций с окружающей средой, которая представляет собой сложное и неоднородное образование,
	2.2 Иерархичность	Любую систему можно представить в виде иерархического образования. При этом на всех уровнях иерархии действует закономерность целостности.
3. Энтропийные закономерности	3.1 Принцип компенсации энтропии	Что энтропия неизолированной системы может быть уменьшена только за счет компенсирующего увеличения энтропии в другой или других системах взаимодействующих с данной.
4. Закономерности развития	4.1. Закономерность развития во времени историчность	Любая система не может быть неизменной, что она не только возникает, функционирует, развивается, но и погибает — любая система имеет свой жизненный цикл.
	4.2 Эквифинальность	Способность системы достигать определенного состояния, которое не зависит ни от времени, ни от ее начальных условий, а определяется исключительно ее параметрами.

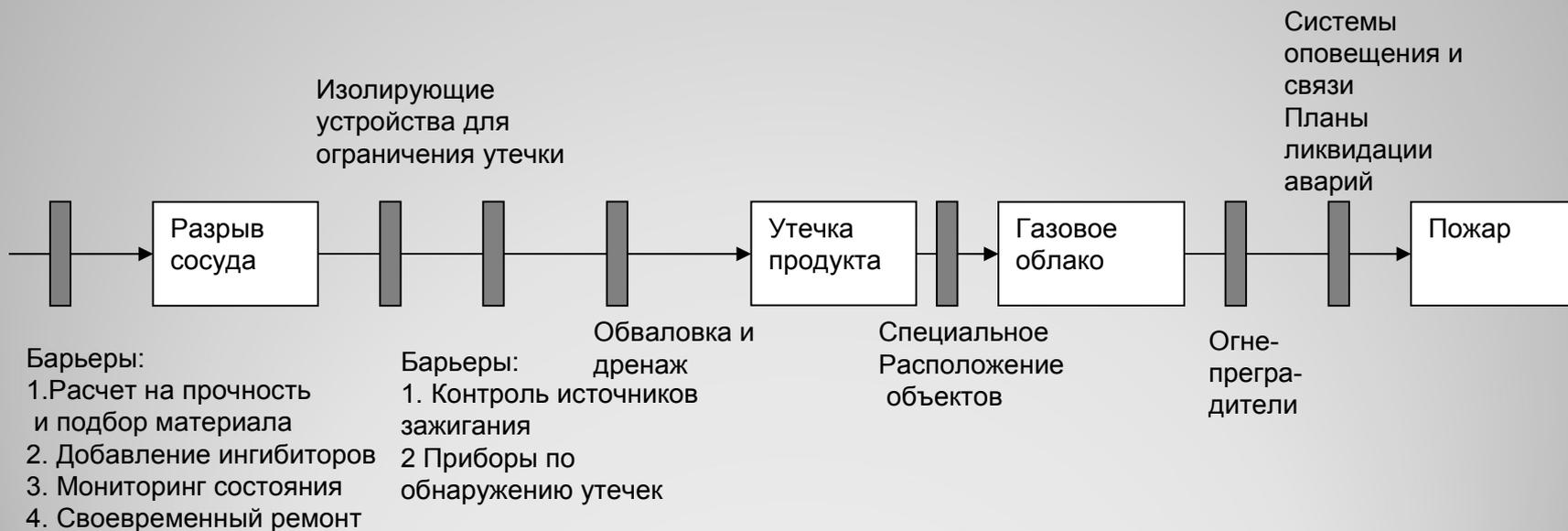
## Тема 2.2. Моделирование систем и процессов

- *Понятие модели. Виды моделирования. Классификация моделей. Принципы и этапы построения моделей. Примеры построения и использования моделей в практической деятельности.*



**Классификация способов моделирования систем и процессов.**

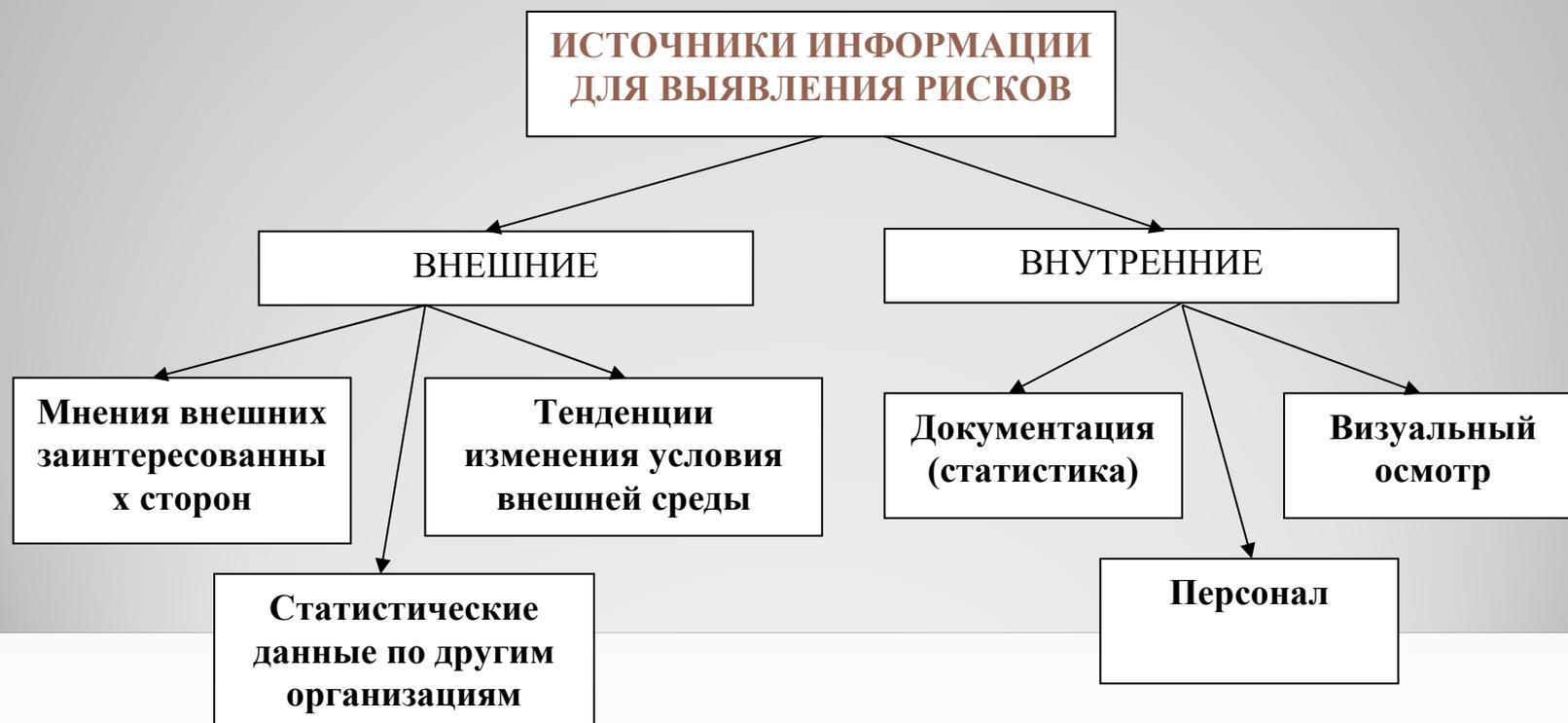
Барьерные диаграммы иллюстрируют последовательность возможного развития аварии. На диаграмме показываются ошибки и отклонения, которые могут вызвать аварию, а также защитные меры («барьеры»), которые предназначены для предотвращения дальнейшего развития неблагоприятных обстоятельств.



Барьерная диаграмма утечки из сосуда взрывоопасного вещества.

## Тема 3.1. Методы и инструменты идентификации рисков.

- *Источники информации для идентификации. Экспертные и социальные, индивидуальные и групповые методы выявления рисков. Мозговой штурм, чек-листы, предварительный анализ опасностей, Изучение опасностей и работоспособности системы (HAZOP), метод Дельфи, SWOT-анализ.*



# Методы идентификации рисков

<b>Мозговой штурм</b>	Оперативный метод решения проблемы на основе стимулирования творческой активности, при котором участникам обсуждения предлагают высказывать возможно большее количество вариантов решения, в том числе самых фантастических. Затем из общего числа высказанных идей отбирают наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике.
<b>Структурированные интервью</b>	Выявление рисков путем опроса экспертов по заранее подготовленной схеме.
<b>Метод Дельфи</b>	Способ комбинирования экспертных оценок, которые могут обеспечить проведение анализа частоты, моделирования последствий и/или оценивания риска.
<b>Чек-листы</b>	Идентификация рисков, путем использования заранее разработанных (на основании прошлого опыта, предыдущей оценки) списков рисков или угроз.
<b>Предварительный анализ опасностей</b>	Совокупность приемов идентификации опасности и анализа частот, используемых на ранней стадии проектирования с целью идентификации опасностей и оценки их критичности.
<b>Структура «Что, если?»</b>	Индуктивный метод, который основан на вопросе «что случится, если ... ?». FMEA представляет собой подход по принципу «снизу вверх» и рассматривает последствия аварийных состояний компонента по принципу «одно за один раз».

## Тема 3.2. Моделирование и анализ моделей процессов с целью выявления источников риска.

- Общие принципы моделирования. Классификация способов моделирования. Математические модели. Проверка адекватности модели. Виды моделей процессов: функциональное моделирование. Барьерные диаграммы. Метод Монте-Карло. Теория орграфов. Показатели надежности системы



**Моделирование при помощи орграфов**

# Схема работы при имитационном моделировании



## Тема 4.1. Методы анализа и оценки риска.

- Методы: деревья событий, деревья отказов, диаграмма «причины – последствия», «что произойдет, если», карты контроля безопасности, анализ критичности, сценарный анализ. Оценка величины вероятности.



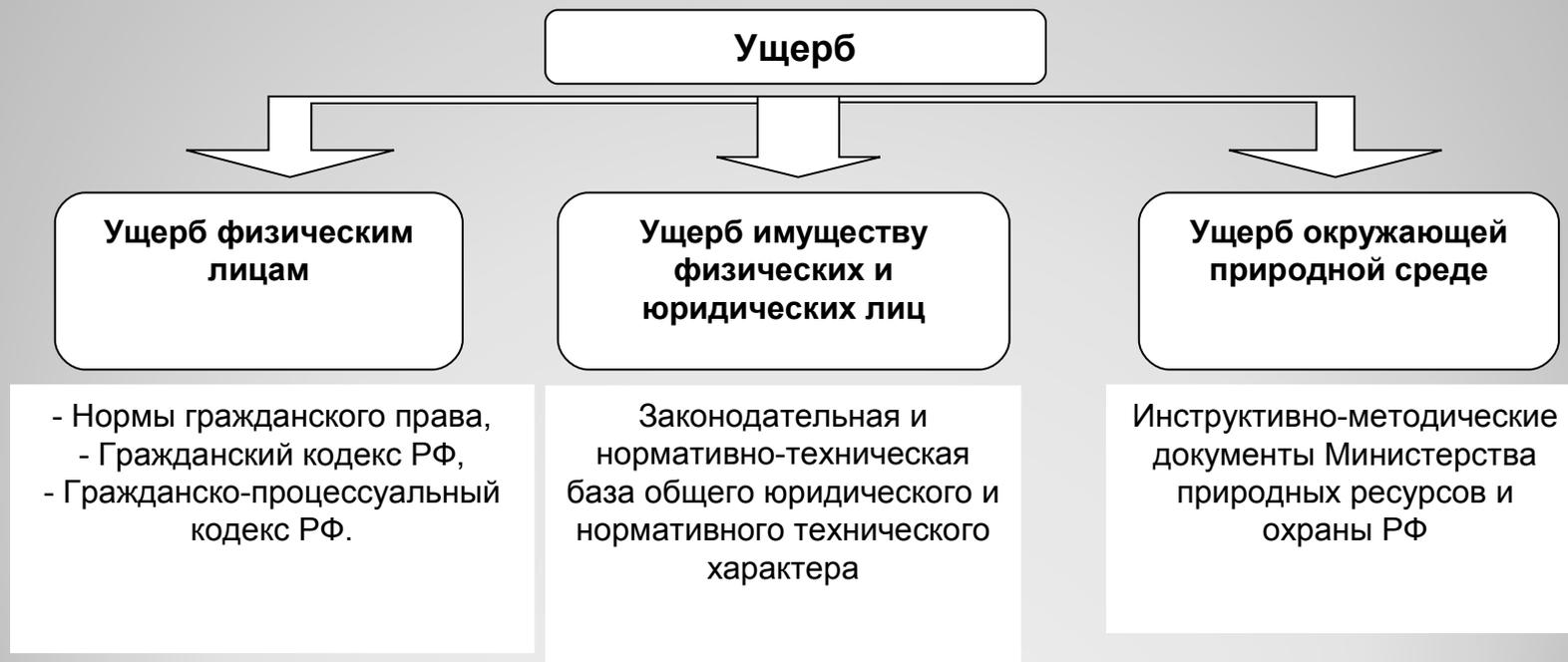
**Построение дерева событий для количественного анализа различных сценариев аварий на установке переработки нефти**

# Анализ и моделирование различных стадий нанесения техногенного ущерба

№	Стадия	Цель системного анализа и моделирования данной стадии
1	Высвобождение накопленной в человеко-машинной системе энергии или запасов вредного вещества (расконсервация)	Прогнозирование параметров: количество внезапно или постепенно высвободившегося вредного вещества, интенсивность и продолжительность его истечения, а также плотность потока тел либо частиц и напряженность электромагнитных полей или ионизирующих излучений.
2	Неконтролируемое распространение (трансляция) потоков в процессе истечения вещества и энергии в новую для них среду и перемещения в ней	Построение полей пространственно-временного распределения плотности потоков или концентрации вещества.
3	Физико-химическое их превращение (трансформация) там с дополнительным энерговыделением и переходом в новое агрегатное или фазовое состояние	Прогнозирование характера трансформации вредных веществ, рассеянных в результате аварии, а также поражающих факторов, обусловленных последующим превращением в новой для них среде
4	Разрушительное воздействие (адсорбция) первичных потоков и/или наведенных ими поражающих факторов на не защищенные от них объекты	Изучение поражающего воздействия первичных и вторичных продуктов аварийного выброса на не защищенные от них людские, материальные и природные ресурсы

## Тема 4.2 . Оценка ущерба.

- Основные принципы системного анализа и моделирования процесса причинения ущерба. Оценка величины ущерба. Классификация методов оценки ущерба. Модели оценки ущерба: расчет рассеивания вредных веществ, факторы поражения.



# Виды ущерба

- Прямой ущерб

**ущерб здоровью людей, невозвратные потери основных фондов, оцененных природных ресурсов**

- затраты, направленные на проведение спасательных работ;
- затраты по эвакуации, временному размещению, переселению людей из зоны бедствия, оказанию им срочной медицинской помощи;
- единовременные выплаты пострадавшим и их семьям;
- стоимость разрушенных или нарушенных природных ресурсов;
- остаточная стоимость всего движимого и недвижимого имущества

- Косвенный ущерб

**вынужденные затраты, потери, убытки, обусловленные вторичными эффектами (действиями или бездействиями, порожденными первичным действием) природного или техногенного характера**

- косвенный ущерб для самого юридического и физического лица;
- упущенная им выгода в связи с прекращением или приостановкой деятельности
- утрата нематериальных активов, не отраженных в бухгалтерской документации, утрата технической, экономической, научной документации, программно-математического обеспечения ЭВМ и т.д.;
- моральный ущерб;

## Тема 4.3 Расчет степени риска

- *Методы расчета степени риска. Шкала величины риска. Двух и трехфакторные модели расчета величины риска. Статистические, вероятностно-статистические, экспертные методы расчета степени риска. Приемлемость риска. Карта рисков. Матрица рисков. Категории рисков.*

Методы определения критерия количественной оценки рисков включают:

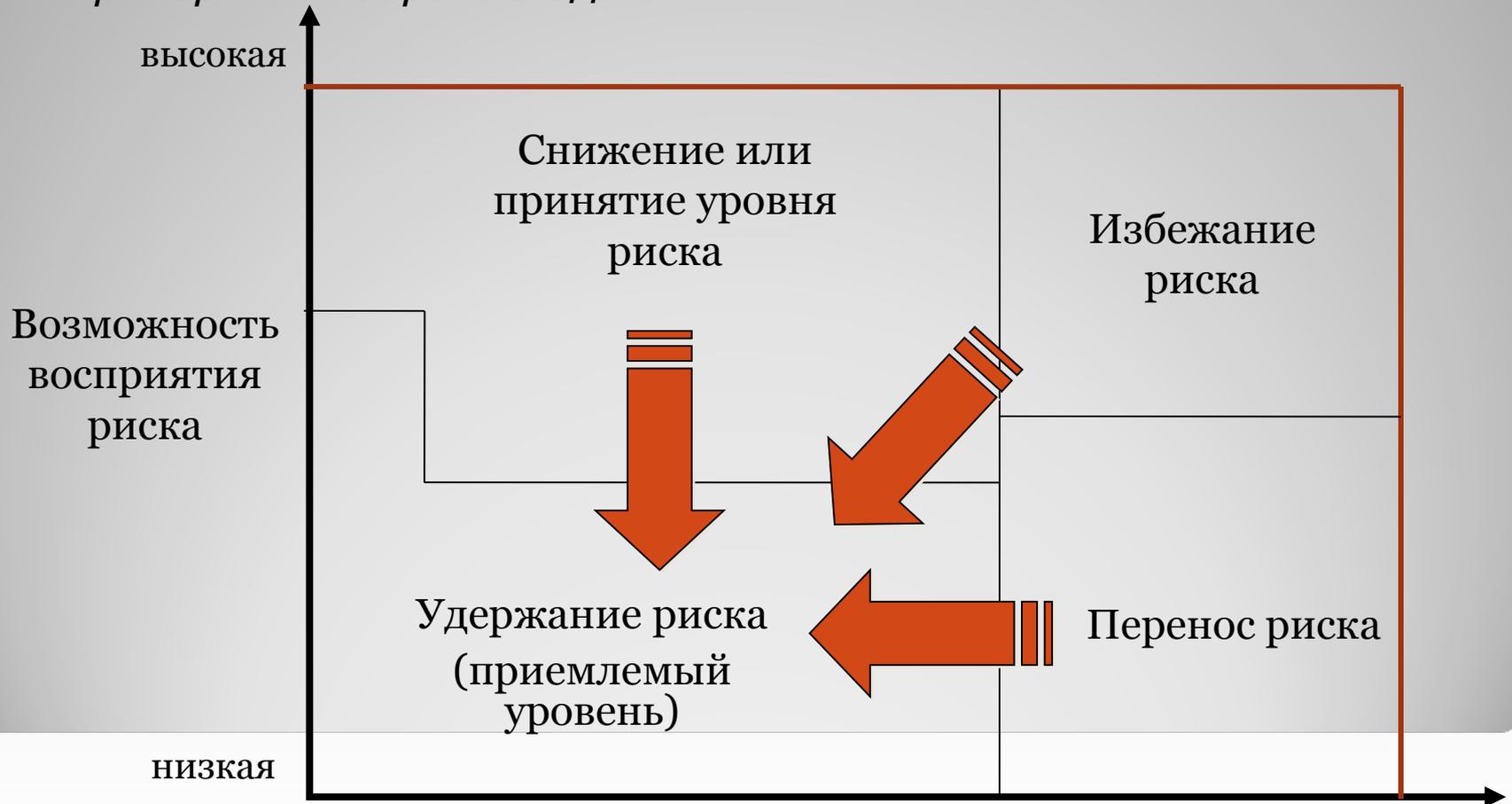
- статистические методы оценки, базирующиеся на методах математической статистики,. Для применения этих методов необходим достаточно большой объем исходных данных, наблюдений;
- методы экспертных оценок, основанные на использовании знаний экспертов в процессе анализа проекта и учета влияния качественных факторов;
- методы аналогий, основанные на анализе аналогичных проектов и условий их реализации для расчета вероятностей потерь. Данные методы применяются тогда, когда есть представительная база для анализа и другие методы неприемлемы или менее достоверны.
- комбинированные методы, включающие в себя использование сразу нескольких методов

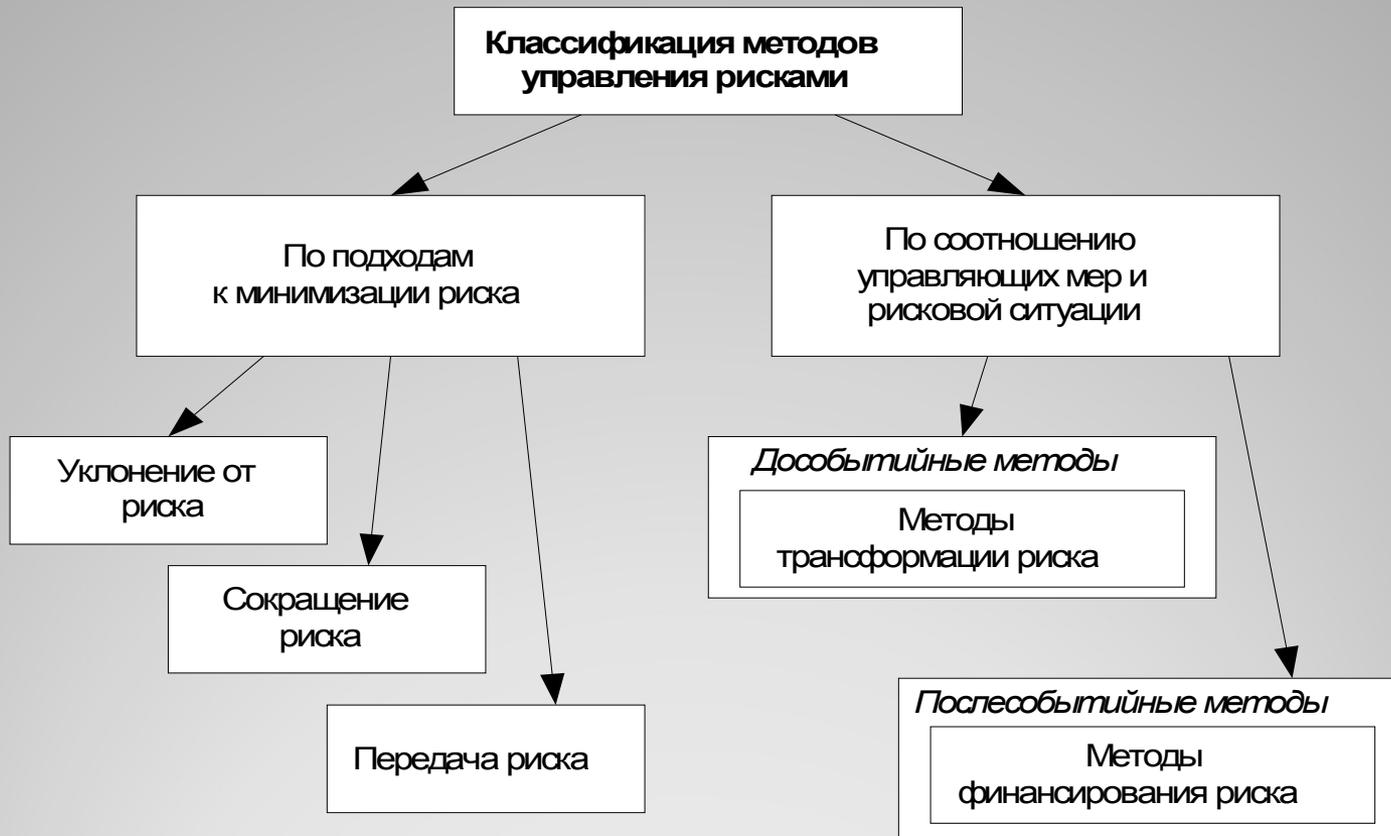
Типичная матрица рисков представлена сеткой размером 4x4. По вертикальной оси расположены критерии вероятности (редкие, маловероятные, возможные, очень вероятные, определенные), а по горизонтальной оси - критерии последствий (незначительные, минимальные, критичные, катастрофические).

		Negligible	Marginal	Critical	Catastrophic
Probability Range	Certain	Yellow	Orange	Red	Dark Red
	Likely	Yellow	Orange	Red	Dark Red
	Possible	Yellow	Orange	Red	Dark Red
	Unlikely	Yellow	Orange	Red	Dark Red
	Rare	Yellow	Orange	Red	Dark Red

## Тема 5.1. Характеристика методов управления рисками.

- Избежание риска, снижение риска, принятие риска на себя, перенос риска, разделение риска. Страхование рисков. Критерии выбора метода.





# Методы управления рисками

## **Тема 6.1. Риск-менеджмент на предприятии**

- *Цель и задачи риск-менеджмента. Законы и принципы риск-менеджмента. Система управления рисками на предприятии.*

### **Законы риск-менеджмента**

- Закон неизбежности риска.
- Закон сочетания потенциальных потерь и выгод.
- Принцип прогнозирования.
- Принцип страхования
- Принцип минимизации потерь и максимизации доходов
- Принцип научной обоснованности управления.
- Принцип системного подхода.

## Тема 6.2. Стандарты в области управления рисками организации.

- ISO 31000. "ГОСТ Р 51901.2-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем». РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов»

**Риск-менеджмент в соответствии со стандартом ISO 31 000**



## Матрица рисков в соответствии с РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов»

Частота возникновения		Тяжесть последствий отказов			
		Катастрофический отказ	критический отказ	некритический отказ	отказ с пренебрежимо малыми последствиями
Частый отказ	$>1$	А	А	А	С
Вероятный отказ	$1 - 10^{-2}$	А	А	В	С
Возможный отказ	$10^{-2} - 10^{-4}$	А	В	В	С
Редкий отказ	$10^{-4} - 10^{-6}$	А	В	С	Д
Практически невероятный отказ	$<10^{-6}$	В	С	С	Д

- «А» - обязателен количественный анализ риска, или требуются особые меры обеспечения безопасности;  
 «В» - желателен количественный анализ риска, или требуется принятие определенных мер безопасности;  
 «С» - рекомендуется проведение качественного анализа опасностей или принятие некоторых мер безопасности;  
 «Д» - анализ и принятие специальных (дополнительных) мер безопасности не требуется.

## Тема 7.1. ПДВ-ЭКОЛОГ" вер. 4.35, вариант "Локальный"

- *Формирование таблиц проекта нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ) предприятия. Формирование плана-графика контроля за выбросами предприятия с автоматическим расчетом категории источника и определением необходимой периодичности контроля. Моделирование природоохранных мероприятий.*

Программа предназначена для разработки и формирования таблиц проекта нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ) предприятия и выполняет следующие функции:

- Формирование таблиц проекта нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ) предприятия
- Формирование плана-графика контроля за выбросами предприятия с автоматическим расчетом категории источника и определением необходимой периодичности контроля
- Моделирование природоохранных мероприятий

Структура данных (C:\INTEGRAL.LTD\PDV400\)

Справочники Настройки Процедуры Вид ?



1 Сернодвинск

Код города: 1

Наименование города: Сернодвинск

#### Метеоусловия

Минимальная температура (зима), град: -10

Максимальная температура (лето), град: 20

Коэффициент стратификации: 140

Максимальная скорость ветра (м/с): 11

#### Геоинформационные параметры

Система координат ( расположение осей (OX к OY)): Правая

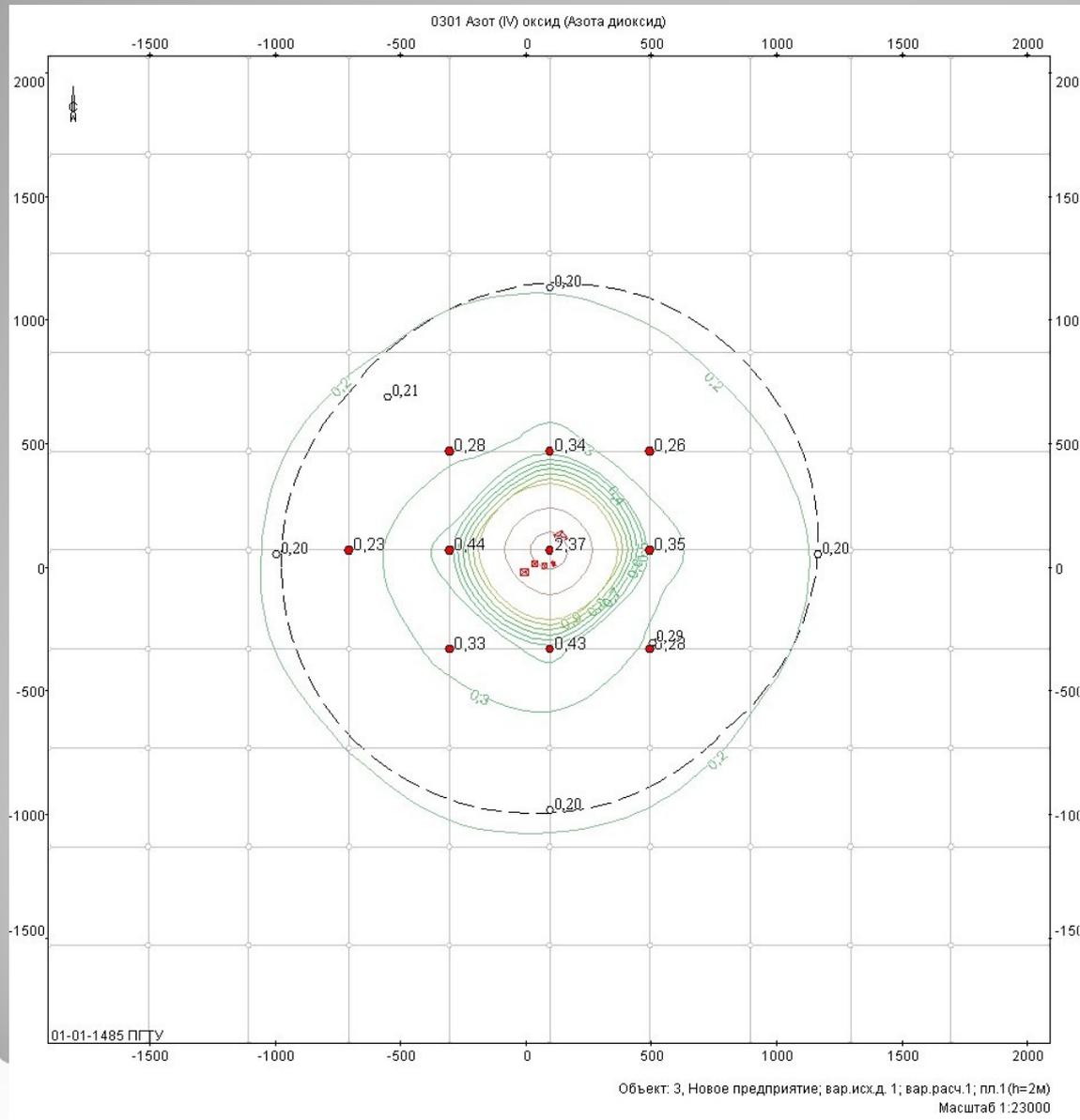
Поворот относительно севера по часовой стрелке: 90

Глобальные координаты, X: Y:

# Интерфейс «ПДВ-Эколог»

## **Тема 7.2. УПРЗА Эколог 3.0**

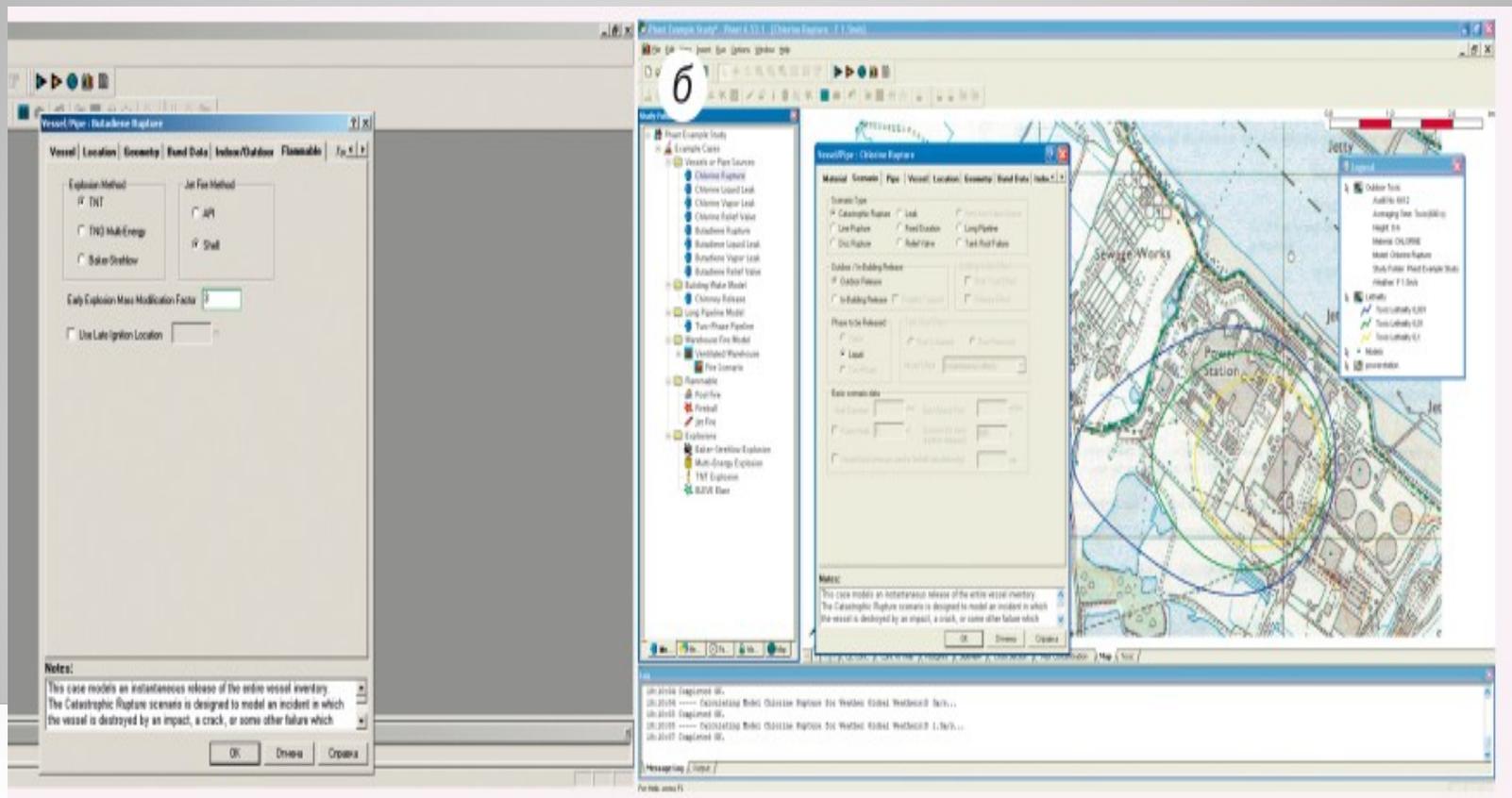
- *Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). Отраслевая методика расчета приземной концентрации загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах компрессорных станций магистральных газопроводов. Карты рассеивания и максимальные концентрации загрязняющих веществ. Расчет рассеивания*



**Карта  
рассеивания по  
оксиду азота,  
выполненная в  
программе  
УПРЗА Эколог.**

## Тема 8.1. PHAST

- ГОСТ Р 22.0.07-95. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров. Количественная оценка последствий опасных техногенных ситуаций. Оценка ущерба от техногенных ситуаций.



## Тема 8.2. ТОКСИ+

- Расчет последствий аварий и оценки показателей риска. Количественный анализ риска аварийных выбросов опасных веществ. РД-03-26-2007. «Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ». Показатели риска: индивидуальный, потенциальный, коллективный, социальный риски (F/N кривые)

The screenshot displays the TOXIC+ software interface, divided into two main sections labeled 'а' and 'б'.

**Section 'а' (Left Panel):** This panel is titled 'Инструмент работы с БД' (Database Work Tool). It features a navigation tree on the left with items like 'Проект ТОКСИ+ик', 'Административное здание', 'Оборудование 1', 'Территория предприятия', 'Оборудование 1', and 'Охрана'. The main area contains a compass rose and several control buttons: 'Сохранить текущие записи перед импортом', 'Импорт метеостатистики, сформированной в ТОКСИ+ик', 'Импорт внешней метеостатистики', 'Расчет вероятностей метеособытий', 'Проверка корректности данных', and 'Экспорт в Excel'. Below these is a progress indicator 'шаг 0 из 0' and '0%'. A table with columns 'id', 'ск.е', 'напр.ветра', 'стратиг.', 'температур.', 'выс.замер.', 'число записей', and 'вероятност.' contains the following data:

id	ск.е	напр.ветра	стратиг.	температур.	выс.замер.	число записей	вероятност.
1199	2	180		29	10	1	0.00102
1203	2	180		34	10	1	0.00102
1206	2	270		19	10	1	0.00102
1220	2	90 E		22	10	1	0.00102
1224	2	270 E		25	10	1	0.00102
1227	2	0		30	10	2	0.00204
1228	2	90		30	10	2	0.00204
1230	2	90		34	10	2	0.00204

Below the table is a 'Протокол ввода данных' section with a table for 'Элемент проекта' and 'Количество записей'.

**Section 'б' (Right Panel):** This panel is titled 'Програмный комплекс ТОКСИ+ик'. It shows a 'Панель управления' (Control Panel) with 'Сила' (Strength) and 'Однок. час. погрешность' (Single-hour error). Below this is a table for 'Источники и персональный файл' (Sources and personal file) with columns 'id', 'наим.', 'направление', 'высота', 'ид об-ва', and 'наим. оборудование'. The table contains two rows of data:

id	наим.	направление	высота	ид об-ва	наим. оборудование
308	2 ТЭС Промы-М-707 04 от	SE 4	180	1	Оборудование 1
309	2 ТЭС Промы-М-707 04 от	SE 4	180	2	Оборудование 1

Below the table is a map showing a risk assessment area with various colored zones (green, yellow, red) and numbered points (1-19). A logo for 'TAXI+ risk' is visible on the map, along with contact information: 'www.taxi+.ru', '88 340 474 76, 2001 2013 г.', and 'Время: 41, сброска: 12.9, 10 декабря 2010'.