

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**П. Н. Барановский**

**ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК**

Учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов,  
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
05.03.06 Экология и природопользование

Калининград  
2023

УДК 528 (004.6)

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов  
и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» О.Е. Гончаренок

**Барановский, П. Н.**

Техногенные системы и экологические риски: учеб.-методич. пособие по лабораторным работам для студ. бакалавриата по напр. подгот. 05.03.06 Экология и природопользование / **П. Н. Барановский** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 16 с.

В учебно-методическом пособии по лабораторным работам по дисциплине «Техногенные системы и экологические риски» представлены учебно-методические материалы по выполнению лабораторных работ, включающие подробный план работ по каждой изучаемой теме.

Табл. 2, рис. 4, список лит. – 8 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 8 июня 2023 г., протокол № 14

УДК 528 (004.6)

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2023 г.  
Барановский П. Н., 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ .....	6
2. ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....	8
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	15

## ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 05.03.06 Экология и природопользование по дисциплине "Техногенные системы и экологические риски" входящей в профессиональный модуль (В) образовательной программы, части, формируемой участниками образовательных отношений.

**Целью** лабораторных работ по дисциплине «Техногенные системы и экологические риски» является формирование у студентов знаний современных и концептуальных основ и методологические подходы, направленные на решение проблемы обеспечения безопасности и устойчивого взаимодействия человека с природной средой.

Задачи лабораторных работ:

- овладение умением оценивать вещественно-энергетические характеристики техногенных систем;
- овладение умением применения методические и экономические основы оценки воздействия на окружающую среду;
- овладение методикой оценки экологических рисков.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- воздействие различных технических систем на природную среду;
- суть и методы оценки возникающего экологического риска;
- меры по предотвращению и ликвидации экологически опасных ситуаций или катастроф;
- основные типы техногенных систем;
- основные типы технических аварий и катастроф.

**уметь:**

- оценивать вещественно-энергетические характеристики техногенных систем;
- применять методические и экономические основы оценки воздействия на окружающую среду.

**владеть:** методикой оценки экологических рисков.

Лабораторные работы выполняются на основании задания, выдаваемого преподавателем.

Текущий контроль осуществляется в форме аудиторной защиты лабораторных работ, решения тестовых заданий.

Учебно-методическое пособие состоит из:

- введения, где указаны: шифр, наименование направления подготовки (специальности); дисциплина учебного плана, для изучения которой оно предназначено; цель и задачи лабораторных работ; вид текущего контроля;

- основной части, которая содержит методические рекомендации к занятиям, темы лабораторных работ;
- библиографического списка.

## 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

При подготовке к лабораторным занятиям студентам необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, интересных фактов, статистических данных, связанных с темой лабораторного занятия.

Лабораторные работы позволяют студентам получить навыки анализа техногенных систем и оценки экологических рисков.

Текущий контроль усвоения дисциплины учитывает выполнение и защиту лабораторных работ, самостоятельную работу студентов, посещаемость аудиторных занятий, прохождение тестов. Тестовые задания используются для оценки освоения всех тем дисциплины студентами.

Тесты сформированы на основе материалов лекций и вопросов, рассмотренных в рамках лабораторных занятий. Тесты являются наиболее эффективной и объективной формой оценивания знаний, умений и навыков, позволяющей выявлять не только уровень учебных достижений, но и структуру знаний, степень ее отклонения от нормы по профилю ответов учащихся на тестовые задания.

Тестирование обучающихся проводится в электронной среде вуза (в течение 10-15 минут, в зависимости от уровня сложности материала) после рассмотрения на лекциях соответствующих тем. Тестирование проводится с помощью компьютерной программы Indigo с возможностью сетевого доступа.

Положительная оценка («отлично», «хорошо» или «удовлетворительно») выставляется программой автоматически, в зависимости от количества правильных ответов.

Градации оценок:

- «отлично» - свыше 85 %
- «хорошо» - более 75 %, но не выше 85 %
- «удовлетворительно» - свыше 65 %, но не более 75 %

Лабораторные работы имеют следующую структуру:

- краткая вводная информация преподавателя по теме занятия - 10 мин;
- подготовка рабочего места, получение задания - 5 мин;
- работа по выполнению задания - 55 мин;
- защита лабораторных/практических работ – 10 мин.

Лабораторные работы построены так, чтобы результаты предыдущей работы являлись основой для последующих. Таким образом, студент проходит все основные этапы процесса обработки информации, начиная с постановки задачи, определения структуры информации, необходимой для ее решения, и заканчивая анализом и формированием выводов на основе полученных результатов. Контроль выполнения работ осуществляется путем их защиты. В процессе защиты лабораторных и практических работ оцениваются:

- правильность выполнения работы;

- умение давать аргументированные ответы на вопросы по теме лабораторной работы;
- свобода владения теоретическим материалом по теме лабораторной работы.

#### Материалы и оборудование

Для выполнения лабораторных работ студентом используются следующие материалы и оборудование:

- материалы технологической (производственной) практики;
- электронная база нормативно-правовой информации «Консультант +»;
- электронная база нормативно-правовой информации «ТехЭксперт»;
- персональный компьютер с доступом в сеть Интернет, оснащённый пакетом офисных программ (текстовый редактор, электронные таблицы, программное обеспечение для создания презентаций, редактор диаграмм и блок-схем).

## 2. ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### Лабораторная работа № 1 «Анализ состава техногенной системы»

**Цель работы** – определить состав техногенной системы.

**Ход работы**

1. Определить главную полезную функцию системы.
2. Выделить элемент техногенной системы, выполняющий главную полезную функцию системы.
3. Выделить элементы техногенной системы, выполняющие вспомогательную функцию.
4. Выделить элемент техногенной системы включающие в себя коммунально-бытовое звено предприятия.
5. В соответствии с назначением и функциями техногенной системы разбейте систему на подсистемы и элементы.
6. Результат анализа состава техногенной системы изобразите в табличной форме (Таблица 1).

Таблица 1 – Описание состава техногенной системы

Наименование техногенной системы (главная полезная функция)	Подсистема/ Функция подсистемы	Элементы/ Функция элементов
	1.	1.1.
		1.2.
		1.3.
	2.	2.1.
		2.2.
		2.3.
	...	...

**Контрольные вопросы**

1. Какова главная полезная функция техногенной системы?
2. Какие подсистемы (элементы) включает в себя основное производство?
3. Какие подсистемы (элементы) включает в себя вспомогательное производство?
4. Какие подсистемы (элементы) включает в себя коммунально-бытовое звено?

### Лабораторная работа № 2 «Анализ взаимодействия техногенной системы с окружающей средой»

**Цель** – провести анализ взаимодействия техногенной системы с окружающей средой на основе модели «черного ящика».

**Ход работы**

1. В соответствии с назначением и целями техногенной системы определить существенные связи системы с окружающей средой.



2. Описать какие ресурсы потребляются системой в ходе реализации своей главной полезной функции.

3. Описать какие основные и побочные продукты производит техногенная система.

4. Определить входные и выходные полюсы техногенной системы.

5. Представить графически модель «чёрного ящика» анализируемой техногенной системы (Рисунок 1)

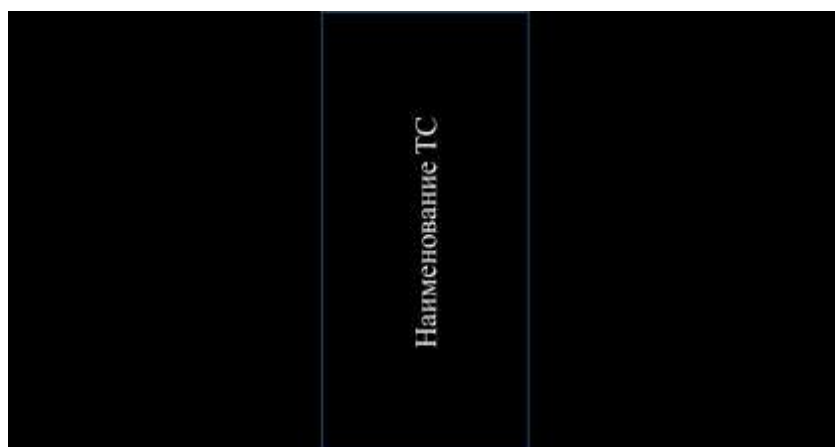


Рисунок 1. Пример графического представления модели «чёрного ящика» техногенной системы

### ***Контрольные вопросы***

1. В чём сущность модели «чёрного ящика»?
2. Какие элементы техногенной системы являются входными полюсами?
3. Какие элементы техногенной системы являются выходными полюсами?
4. Какие ресурсы потребляет техногенная система?
5. Какие основные и побочные продукты производит техногенная система?

### **Лабораторная работа № 3 «Анализ структуры техногенной системы»**

**Цель** – провести анализ функциональной структуры техногенной системы.

#### ***Ход работы***

1. На основе результатов анализа состава техногенной системы разбить попарно связанные элементы.
2. Дать описание связей и физических каналов связей между парами основных элементов в системе (направление связи, физическая природа связи).
3. Представить в виде графа структурно-функциональную структуру техногенной системы, где: вершины – элементы техногенной системы, ребра – связи между элементами.
4. На полученной графической модели техногенной системы отметить

элементы, являющиеся входными полюсами системы с указанием потребляемых ресурсов и выходными полюсами с указанием основных и побочных продуктов.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие физические каналы связи в техногенной системе существуют для передачи энергии, информации, вещества?
2. Роль каких функциональных элементов в техногенной системе может брать на себя человек (персонал)?
3. Какие элементы техногенной системы являются входными полюсами?
4. Какие элементы техногенной системы являются выходными полюсами?

### **Лабораторная работа № 4 «Анализ опасностей с помощью «дерева причин»**

***Цель*** – провести анализ возможных причин возникновения конкретных событий, ведущих к реализации экологического риска.

#### ***Ход работы***

1. На основе анализа структурно-функциональной модели техногенной системы определить возможные техногенные аварии с экологическими последствиями.
2. Дать словесное описание конечного события техногенной аварии (по выбору преподавателя) и возможных экологических последствий техногенной аварии.
3. Выявить события первого уровня, являющиеся причиной возникновения негативного воздействия на окружающую среду. Далее выявить возможные события второго уровня, которые инициировали возникновение событий первого уровня. Повторить процедуру определения инициирующих событий разного уровня, до тех пор, пока не будут выявлены элементы техногенной системы и обстоятельства первичных событий, приведших к реализации экологического риска.
4. Построить «дерево причин», где «основание дерева» – конечное нежелательное событие, «ветви» – возможные неблагоприятные сценарии развития экологического риска, места «ветвления» «дерева причин» должны содержать логический оператор «И» в случае наличия нескольких инициирующих событий, «ИЛИ» в случае возникновения независимых альтернативных событий. Пример графического представления «дерева причин» показан на рисунке 2.

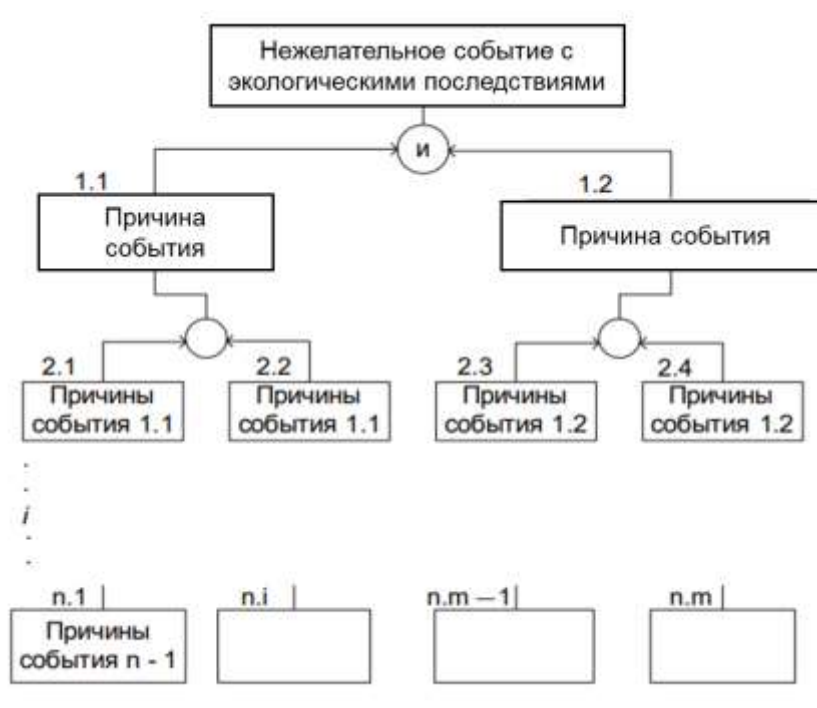


Рисунок 2 – Пример графического представления «дерева причин»

### **Контрольные вопросы**

1. В чём сущность метода анализа опасности с помощью «дерева причин»?
2. Какие задачи решает метод анализа опасности с помощью «дерева причин»?
3. Что такое инициирующее событие?

### **Лабораторная работа № 5 «Анализ опасностей с помощью «дерева событий»**

**Цель** – провести анализ возможных экологических последствий в результате возникновения инициирующего события, способного вызвать техногенную аварию.

#### **Ход работы**

1. На основе анализа структурно-функциональной модели техногенной системы определить возможные источники (элементы техногенной системы) возникновения опасностей связанных с реализацией экологических рисков.
2. Дать словесное описание инициирующего события (по выбору преподавателя), которое потенциально может привести к возникновению техногенной аварии с экологическими последствиями.
3. На основе анализа структурно-функциональной модели техногенной системы выявить вторичные события, возникающие в связанных элементах техногенной системы с учётом существующих факторов защиты.
4. Построить «дерево событий», где «основание дерева» – инициирующее событие, «ветви» – возможные сценарии развития экологического риска, узлы – места «ветвления» «дерева событий» подразумевают деление сценария на

альтернативные события при срабатывании фактора защиты и при его отказе, соответственно. Конечный элемент «дерева событий» – выходы техногенной системы с указанием видов и масштабов экологических последствий. Пример графического представления «дерева причин» показан на рисунке 3.

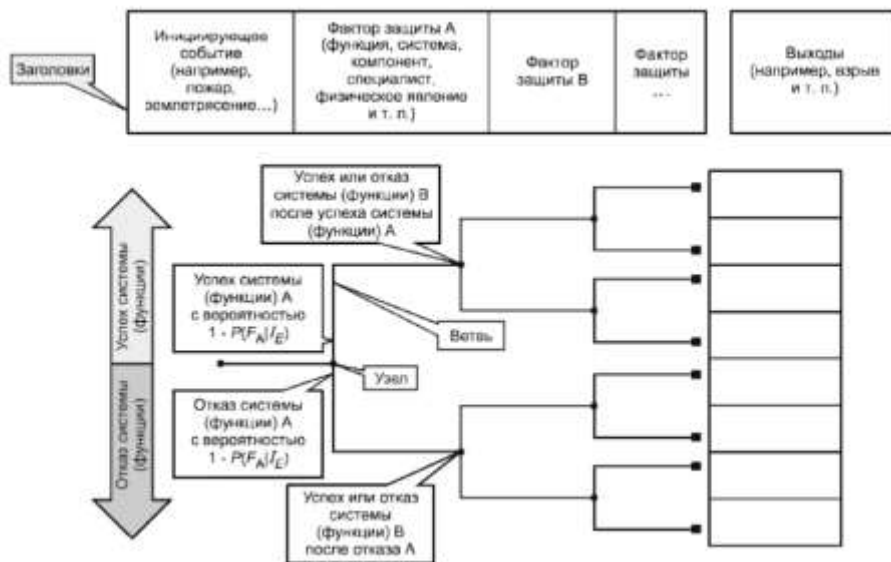


Рисунок 3. Пример графического представления «дерева причин»

### **Контрольные вопросы**

1. В чём сущность метода анализа опасности с помощью «дерева событий»?
2. Какие задачи решает метод анализа опасности с помощью «дерева событий»?
3. Какова процедура проведения анализа опасностей с помощью «дерева событий»?
4. От чего зависит число возможных сценариев неблагоприятного развития событий?

### **Лабораторная работа № 6 «Оценка экологического риска»**

**Цель** – провести анализ вероятности реализации экологических рисков и магнитуды негативных последствий на окружающую среду.

#### **Ход работы**

1. Используя графическую модель «дерево событий» указать вероятность реализации каждого события. Сумма вероятности альтернативных событий (когда рассматривается вариант отказа фактора защиты и альтернативный ему вариант – срабатывания фактора защиты) равна единице.

2. Для каждого сценария развития событий рассчитать итоговую вероятность, как произведение вероятностей отдельных событий в этом сценарии.

3. Дать оценку масштабам экологических последствий для каждого сценария: описать виды негативного воздействия, привести качественную оценку магнитуды последствий.

4. Результаты анализа вероятности и масштабов последствий свести в таблицу, по форме указанной в таблице 2.

Таблица 2 – Форма таблицы результатов оценки экологического риска

Номер и краткое описание сценария развития событий	Итоговая вероятность реализации сценария	Качественная характеристика вероятности (очень редко, низкая частота, низкая, средняя, высокая, очень высокая)	Описание последствий негативного воздействия на окружающую среду	Качественная характеристика магнитуды экологических последствий (очень лёгкие, лёгкие, средней тяжести, значительные, очень тяжёлые)
1.			1.1 1.2 ...	
2.			2.1 2.2 2.3 ...	
3.			3.1	

5. По результатам анализа вероятностей построить матрицу рисков, форма матрицы рисков приведена на рисунке 3 . В ячейках матрицы рисков дополнительно указать номера сценариев.

6. Для каждого сценария оценить суммарную величину риска в баллах, оценить для каких сценариев требуется разработать мероприятия для снижения экологического риска.

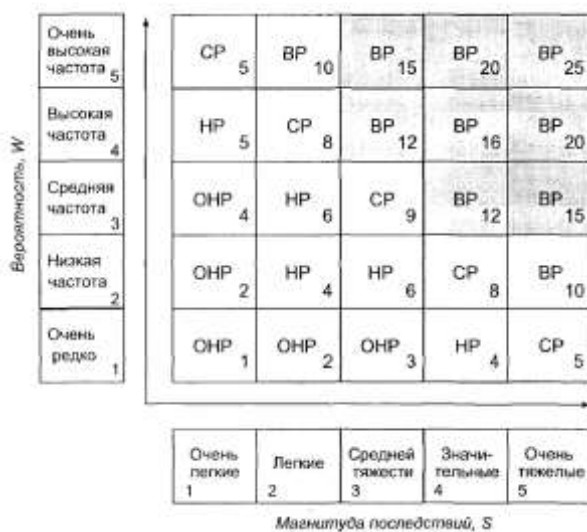


Рисунок 4. Матрица оценки рисков

### ***Контрольные вопросы***

1. Из каких составляющих складывается оценка риска?
2. Какие существуют правила сложения вероятностей?
3. Что представляет собой матрица рисков?

### **Лабораторная работа № 7 «Разработка мер по снижению или предотвращению экологического риска»**

***Цель*** – Дать рекомендации по разработке превентивных мероприятий, направленных на снижение или предотвращение экологического риска.

#### ***Ход работы***

1. Используя матрицу рисков и балльные оценки величины экологического риска, определить какие виды мероприятий необходимо разработать для отдельных сценариев развития неблагоприятных событий.

2. Изменить «дерево событий» с учётом предлагаемых мероприятий или технических решений, способствующих снижению вероятности реализации сценариев, снижению магнитуды последствий или предотвращению развития неблагоприятных сценариев.

3. Рассчитать итоговую вероятность реализации отдельных сценариев с учётом предлагаемых факторов защиты. Оценить магнитуду последствий для каждого сценария.

4. С помощью матрицы рисков, сделать вывод о возможной эффективности предпринимаемых мер по снижению экологического риска.

### ***Контрольные вопросы***

1. За счёт каких составляющих экологического риска возможно добиться его снижения?
2. Когда экологический риск считается приемлемым?
3. Когда экологический риск считается неприемлемым?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белов, С. В. Техногенные системы и экологический риск: учебник для вузов / С. В. Белов. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 434 с.
2. Фирсов, А. И. Экология техносферы: учебное пособие / А. И. Фирсов, А. Ф. Борисов; Минобрнауки России, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ), 2013. – 95 с.
3. Хоружая, Т. А. Оценка экологической опасности / Т. А. Хоружая. – Москва: Приор, 2002. – 203 с.
4. Алымов, В. Т. Техногенный риск. Анализ и оценка: учеб. пособие / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасова. – Москва: Академкнига, 2007. – 118 с.
5. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска: издание официальное: утвержден и введен в действие с 01.03.2020 приказ Росстандарта от 17.12.2019 N 1405-ст, ИУС 03-2020. – Москва: ФГБУ "РСТ", 2022 – 86 с.
6. ГОСТ Р 27.002-2009 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения (Издание с Поправкой): издание официальное: Приказ Ростехрегулирования от 09.12.2009 N 649-ст. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 28 с.
7. ГОСТ Р МЭК 62502-2014 Менеджмент риска. Анализ дерева событий: официальное издание: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 октября 2014 г. N 1429-ст. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 48 с.
8. ГОСТ Р 27.302-2009 Надежность в технике (ССНТ). Анализ дерева неисправностей: официальное издание: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. N 1249-ст. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 23 с.

Локальный электронный методический материал

**Павел Николаевич Барановский**

**ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК**

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 1,3. Печ. л. 1,0.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1