

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Директор

МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ

О.И. Родькин

2025

Регистрационный № УД-1866-25 /уч.



**ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ
В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине
для специальности:

6-05-0521-02 Природоохранная деятельность

Профилизации:

Природоохранная деятельность (экологический менеджмент и экспертиза);
Природоохранная деятельность (экологический мониторинг)

2025 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-33 01 07-2021 от 25.04.2022 г. и учебного плана учреждения образования для специальности 1-33 01 07 Природоохранная деятельность (по направлениям), рег. №132-21/уч. от 14.05.2021

СОСТАВИТЕЛЬ:

С.А. Лаптенюк, доцент кафедры общей и медицинской физики Международного государственного экологического университета имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Н.Н. Морозова, заведующий отделом экономики сферы услуг института экономики НАН Беларуси, кандидат экономических наук, доцент;

Е.Ю. Жук, доцент кафедры общей биологии и генетики учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой экологического мониторинга и менеджмента учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол №9 от 26.04.2024)

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 19.06.2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Системный анализ в природоохранной деятельности» разработана для специальности 1-33 01 07 Природоохранная деятельность (по направлениям).

Системный анализ базируется на общей теории систем и системном подходе и широко использует элементы математической статистики, теорию вероятностей и другие разделы высшей математики, а также современные информационные технологии. Ключевым этапом системного анализа является создание модели исследуемой системы или ситуации, которая позволяет изучить ее поведение для различных условий. Полученная модель исследуется на предмет адекватности и соответствия результатов моделирования реальным (фактическим) значениям параметров, описывающих состояние системы.

Основные этапы системного анализа применительно к оценке воздействия на окружающую среду представляются в виде следующей последовательности действий: постановка задачи; определение (выявление) возможных воздействий, в том числе требующих детального рассмотрения; предсказание (прогноз) величины воздействий; оценка значимости воздействий; выработка мер по уменьшению воздействий; оценка остаточных воздействий (с учетом планируемых природоохранных мероприятий).

Цель учебной дисциплины – формирование у обучающихся основных принципов оценки, моделирования и прогнозирования экологических процессов, изучение основных принципов системного подхода применительно к анализу сложных экологических систем на базе анализа и моделирования, а также освоение методов принятия экологически обоснованных управленческих решений.

Основными **задачами** преподавания учебной дисциплины являются:

- передать обучающимся информацию об основных приемах сбора, первичной обработки и оценки информации о процессах, развивающихся во времени;
- привить навыки постановки задач по стационарному и динамическому моделированию, объяснить принципы и назначение соответствующих математических методов и программных средств;
- обеспечить приобретение первичного опыта в работе с конкретным программным обеспечением, реализующим технологии обработки данных, моделирования и прогнозирования;
- дать представление о необходимости и оптимальности системного анализа при исследовании сложных систем, в частности, экологических;
- сформировать представление об основных принципах моделирования, основанных на обобщении, системности и анализе;
- дать представление о прикладных методах, позволяющих реализовать разработанные методики в формальном виде.

В результате изучения учебной дисциплины «Системный анализ в природоохранной деятельности» студент должен:

знать:

- основные методы постановки и решения задач представления и анализа экологических данных;
- приемы работы с аппаратными средствами и программным обеспечением для формирования математических моделей экологических процессов;
- основы логического анализа математических моделей и построения обоснованных прогнозов;
- основные понятия системного анализа, типы систем и принципы их функционирования;
- основные принципы структурирования сложных систем;
- основные методы принятия технических и управленческих решений;
- классификацию основных типов моделей, принципы аналитического моделирования;
- основные принципы решения многокритериальных задач, определение приоритетности критериев;
- способы формализации установленных зависимостей методом алгоритмирования и программной реализации.

уметь:

- оценивать возможность адекватного моделирования экологических процессов различного характера;
- ставить задачи по динамическому моделированию данных процессов;
- формировать соответствующие базы данных;
- создавать простейшие математические модели;
- создавать и анализировать динамические модели.

владеть:

- навыками формирования базового материала для построения пространственных моделей при помощи технических средств (персональный компьютер, сканер, цифровая камера) и программного обеспечения (графические редакторы);
- навыками построения и анализ средствами программных комплексов IBM SPSS, Statistica, S+, R и др.

Изучение дисциплины способствует формированию следующих **компетенций** (СК-12): использовать системный подход в определении воздействий на окружающую среду, составлять простейшие модели для распространения загрязнений в объектах окружающей среды, использовать известные математические модели для прогнозирования воздействия на окружающую среду, решать оптимизационные задачи.

В соответствии с учебным планом на изучение учебной дисциплины отведено 108 академических часов, из них аудиторных – 48 ч. в том числе 36 ч. лекционных, 12 ч. практических занятий.

Форма промежуточной аттестации – зачет в седьмом семестре.

Форма получения высшего образования – очная (дневная).

Трудоемкость дисциплины оставляет 3 зачетные единицы.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение в дисциплину

Предмет, цели и задачи дисциплины. Актуальность, экономическая и социальная значимость проблемы.

Тема 2. Системный анализ как прикладная наука по исследованию сложных систем

Понятие системы, как предмета изучения наукой системный анализ. Сложные системы. Формы и методы анализа сложных систем. Некоторые вопросы теории оптимального управления системой.

Тема 3. Основные вопросы теории систем

Основные понятия и определения теории систем. Классификация систем: по происхождению; по структуре; по назначению. Основные виды задач теории систем.

Тема 4. Структурный анализ систем. Методика составления структурной схемы системы

Некоторые вопросы теории множеств, матриц, графов. Формы представления систем и задания их параметров (построение графов, матриц и др.). Преобразование структурных схем. Рассматриваются конкретные системы в различных формах их представления.

Тема 5. Основные положения теории выбора и принятия решений. Методы принятия технических решений

Рассматриваются процессы принятия решений, лежащие в основе любой целенаправленной деятельности. Оптимальные (эффективные) решения позволяют достичь цели при минимальных затратах. В отличие от математических методов поиска оптимальных решений, связанных с поиском экстремумов функций, в теме рассматриваются методы поиска с учетом различных факторов: физических, технических, экономических, экологических и др. Это требует построения моделей оптимизации по нескольким аспектам и критериям. В связи с многокритериальностью моделей рассматриваются условия неопределенности и риска. Рассматриваются некоторые теоретические основы выбора альтернативных решений (классические, производные, критериальный анализ, нечеткие множества, экспертные оценки), а также процедуры и алгоритмы принятия решений. Подробно анализируются экспертные процедуры для принятия решений.

Тема 6. Основы моделирования. Математическая модель. Классификация моделей. Алгоритмирование

Рассматриваются различные подходы к исследованию. Объектов и систем. Обосновывается целесообразность использования метода

моделирования на стадии выбора и принятия решений о разработке и создании объекта (системы) даются принципы и основы математического моделирования, описывается процесс построения математической модели. Формулируется понятие математической модели, дается классификация моделей по различным признакам. Рассматриваются основные этапы составления алгоритма. анализируются особенности построения динамических, стохастических, оптимизационных, игровых, управленческих моделей и область их применения. Рассматриваются особенности имитационного моделирования. Каждый студент составляет алгоритм решения конкретной задачи для УИРС.

Тема 7. Математические модели в экологии

Рассматриваются некоторые обобщенные математические модели, используемые в экологии, а именно: динамика популяции, модель эпидемии, модель охраны атмосферы от загрязнения, модель кооперации при проведении природоохранных мероприятий, оптимизация выбросов, расчет размеров штрафов за загрязнение, нормирование выбросов с учетом влияния рынка, принцип справедливого распределения ущерба от загрязнения, управление естественными и социально-природными экосистемами, управление водной системой.

Тема 8. Численные методы, используемые при решении системных задач

Учитывая, что системный анализ рассматривает в основном сложные системы, отличающиеся большим количеством рассматриваемых параметров, необходимо применить такую методику, которая позволит обоснованно выбрать модель, наиболее адекватную исходным данным, характеризующим реальное поведение исследуемой системы, и обеспечивающую точность и надежность выводов. Основой таких методик является математическая статистика. При рассмотрении социально-экономических, в том числе и экологических, процессов и явлений, зависящих от большого числа характеризующих их параметров и взаимосвязей элементов, наиболее приемлемыми являются многомерные статистические методы. Каждый из них имеет свои особенности и применяется к определенному классу моделей.

Проведение системного анализа до изучения взаимосвязей в многомерной совокупности требует предварительной оценки связей между отдельной зависимой переменной и группой влияющих на нее показателей. Оценивание может быть осуществлено с использованием ряда математических методов. В теме анализируются возможности как традиционных методов анализа (корреляционный, регрессионный, факторный, кластерный, дисперсионный, дискриминантный), так и других методов обработки данных, моделирования и прогнозирования (оценки статистической подконтрольности, секвенциального анализа, анализа корреляции сопряженных признаков, самообучающиеся фильтры и др.)

Тема 9. Многокритериальные модели оптимального управления

Рассматриваются задачи управления при многих критериях, дискретные многокритериальные задачи, многокритериальные задачи с непрерывным временем, прикладные многокритериальные задачи оптимального управления.

Тема 10. Прикладные вопросы программирования

Рассматриваются основы программирования на языке Turbo Pascal. На практических занятиях студенты реализуют математическую модель заданной системы, выданной при изучении темы 6.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Очная (дневная) форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Введение в дисциплину	2						
2.	Системный анализ как прикладная наука по исследованию сложных систем	2						Дискуссия
3.	Основные вопросы теории систем	2						Устный опрос
4.	Структурный анализ систем. Методика составления структурной схемы системы	2	2					тесты
5.	Основные положения теории выбора и принятия решений. Методы принятия технических решений	4						Устный опрос
6.	Основы моделирования. Математическая модель. Классификация моделей. Алгоритмирование	4	2					Контрольная работа
7.	Математические модели в экологии	4						Устный опрос
8.	Численные методы, используемые при решении системных задач	10	6					Контрольная работа, тесты
9.	Многокритериальные модели оптимального управления	2						Устный опрос
10	Прикладные вопросы программирования	4	2					защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий
	Всего аудиторных часов 48	36	12					

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Инновационные подходы и методы преподавания учебной дисциплины

При организации образовательного процесса будет использоваться метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод), который предполагает:

- приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач;
- анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Моделирование экологических процессов : учебно-методическое пособие / С. А. Лаптёнок [и др.] – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 144 с.
2. Антонов, А.В. Системный анализ : учебник . - 4, перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2020 .— 366 с.
3. Живицкая, Е.П. Статистическая обработка биомедицинских данных. Методическое пособие / Е.П. Живицкая и др. – Минск, ИВЦ Минфина, 2023 ISBN 978-985-880-391-9 - 144 с.
4. Пространственное моделирование экологических процессов средствами географических информационных систем: учебно-методическое пособие / С. А. Лаптёнок. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 116 с.

Дополнительная

5. Аптон, Г. Анализ таблиц сопряженности / Г. Аптон. – Москва: Финансы и статистика, 1982. – 143 с.
6. Бубнов, В.П., Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / Бубнов, В.П., Дорожко, С.В., Лаптенко, С.А. // – Минск: БНТУ, 2009, – 266 с.
7. Вальд, А. Последовательный анализ / А. Вальд. – М.: Физматгиз, 1960. – 328 с.
8. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей. / Е.С. Вентцель – Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, – 1962. – 564 с.
9. Коуден, Д. Статистические методы контроля качества / Д. Коуден. – М., 1961. – 623 с.
10. Лаптёнок, С.А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций / С.А. Лаптёнок, – Минск: БНТУ, 2013. – 287 с.
11. Налимов, В.В. Применение математической статистики при анализе вещества /В.В. Налимов. – М., 1960. – 430 с.

12. Наследов А. SPSS 19: профессиональный статистический анализ данных. – СПб.: Питер, 2011. – 400 с.
13. Петросян, Л.А. Математические модели в экологии / Л.А. Петросян, В.В.Захаров. – СПб.: Университет, 1997. – 222 с.
14. Сердюцкая, Л.Ф. Техногенная экология: математико-картографическое моделирование / Л.Ф. Сердюцкая, А.В. Яцишин. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 232 с.
15. Хальд, А. Математическая статистика с техническими приложениями / А. Хальд. – М.: Иностранная литература, 1956. – 664 с.
16. Шор, Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности / Я.Б. Шор. – М.: Советское радио, 1962. – 552 с.
17. Goodman, L.A. Analysing qualitative/categorical data. Loglinear models and latent-structure analysis. / L.A. Goodman. – L.: Addison – Wesley Publ. Co., 1978. – 355 p.
18. Johnson, R., Elementary Statistics. 4th edition. / R. Johnson. – Boston: Duxbury Press, 1984. – 557 p.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка курсовой работы по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым заданиям.

Критерии оценок результатов учебной деятельности, рекомендуемые средства диагностики

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- проведение дискуссии;
- устный опрос;
- проведение текущих контрольных работ (заданий) по отдельным темам;
- тесты;
- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках самостоятельной работы индивидуальных заданий.

При оценке результатов учебной деятельности используется десятибалльная система оценки, рекомендуемая Министерством образования Республики Беларусь.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Составление структурной схемы объекта и ее представление.
2. Выбор основных параметров системы и методов их моделирования.
3. Формализация разработанной модели посредством составления алгоритма.
4. Программная реализация алгоритма на языке программирования Turbo Pascal.
5. Семинар «Системный анализ как элемент управления предприятием»

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов

1. Определение системы. Классификация систем.
2. Есть ли различия между понятиями «системный подход» и «системный анализ»?
3. Определение моделирования. Классификация моделей.
4. Перечислите основные характеристики вариационного ряда.
5. Перечислите основные критерии статистических сравнений, охарактеризуйте особенности их применения.
6. Что такое корреляционный и регрессионный анализ?
7. Что означает понятие «статистическая подконтрольность»? Методы оценки.
8. Каковы преимущества секвенциального подхода к проверке статистических гипотез?
9. Каковы особенности и преимущества методов обработки категоризованных данных?
10. Для решения какого рода задач используются методы экспертного оценивания?

Вопросы для проведения зачета

1. Определение системы.
2. Статистические сравнения.
3. Таблицы сопряженности.
4. Средняя арифметическая, медиана, мода.
5. Классификация систем.
6. Критерий Уилкоксона-Манна-Уитни.
7. Оценка статистической подконтрольности.
8. Критерий знаков.
9. Двусторонний секвенциальный критерий.
10. Генеральная и выборочная совокупности.
11. Критерий подобия.

12. Критерий согласия Пирсона.
13. Характеристики вариационного ряда.
14. Методы оценки корреляции сопряженных признаков.
15. Проверка статистических гипотез.
16. Дисперсия.
17. Корреляция.
18. Множественная регрессия.
19. Параметры распределения.
20. Прогнозирование. Средняя геометрическая величина.
21. Принципы и основы моделирования.
22. Классификация моделей.
23. Понятие алгоритмирования, виды.
24. Математические модели в экологии.
25. Численные методы, используемые при решении системных задач.
26. Метод логарифмов преобладания.
27. Непрерывные и дискретные пространственные модели.
28. Структура геоинформационных систем.
29. Понятие географических информационных систем.
30. Метод приращения информации.
31. Классификация геоинформационных систем.
32. Метод экспертного оценивания.
33. Классы сетевых пространственных задач в экологическом менеджменте.
34. Параметры нормального распределения.
35. Методы отбора экспертов.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях содержания учебной программы УВО по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Ведение учетной документации в области охраны окружающей среды	ЭМиМ	Нет	Протокол №9 от 26.04.2024