

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
факультет Почвоведения

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана П.В.Красильников / _____ /

« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки (специальность):

05.03.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) ОПОП:

РАДИОЭКОЛОГИЯ

Форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
факультета почвоведения (протокол № _____, дата _____)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки *05.03.06 Экология и природопользование* программы *бакалавриата*

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от 30 декабря 2020 года № 1368.

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** (перечень освоенных дисциплин))

Математика

Математическая статистика

Радиоэкология

3. **Планируемые результаты обучения в результате освоения дисциплины, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников:**

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
Б-СПК-5. Владеет широким спектром информационно-вычислительных технологий и методов статистического анализа, адаптированных к применению в экологических исследованиях. Способен применять их при организации системы радиационного мониторинга, планировании пробоотбора, обработке и анализе информации, осуществлении экологической экспертизы и прогнозировании.	Б-СПК-5.1. Применяет широкий спектр информационно-вычислительных технологий и методов статистического анализа, адаптированных к применению в экологических исследованиях при организации системы радиационного мониторинга, планировании пробоотбора, обработке и анализе информации, осуществлении экологической экспертизы и прогнозировании.	Знает: методы статистического анализа, необходимые при проведении радиационного контроля и обработки данных радиоэкологического мониторинга; методы статистической оценки и сравнения радиационной обстановки в различных зонах техногенеза. Умеет: планировать полевые и лабораторные исследования на основе методов математической статистики, оценивать статистическую достоверность полученных результатов, выявлять взаимосвязи и закономерности радиационных факторов.

4. **Объем дисциплины** 2 з.е., в том числе 18 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 54 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения:** очная

6. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам, с указанием отведенного на них количества академических часов, и виды учебных занятий:

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины / форма текущей аттестации	Всего (часы)	В том числе					
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)			Самостоятельная работа обучающегося		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Выполнение практических заданий	Подготовка докладов, рефератов	Всего
Раздел 1 Радиоэкологические данные и их статистическое представление	14	2	2	4	8	2	10
Тема 1. Показатели радиационного контроля.	7	1	1	2	4	1	5
Тема 2. Статистическое представление данных.	7	1	1	2	4	1	5
Форма текущей аттестации по разделу	Тестирование, контрольная работа						
Раздел 2. Законы распределения показателей в радиоэкологических исследованиях	13	2	1	3	8	2	10
Тема 3. Статистические законы распределения.	6	1	0	1	4	1	5
Тема 4. Проверка гипотез о законе распределения.	7	1	1	2	4	1	5

Форма текущей аттестации по разделу.	Тестирование, контрольная работа						
Раздел 3. Статистические методы сравнения радиационных показателей с фоновыми и контрольными уровнями	14	2	2	4	8	2	10
Тема 5. Доверительные интервалы и их использование при сравнении с контрольными уровнями.	7	1	1	2	4	1	5
Тема 6. Сравнение средних.	7	1	1	2	4	1	5
Форма текущей аттестации по разделу	Тестирование, контрольная работа						
Раздел 4. Статистические методы планирования пробоотбора и обеспечения качества измерений в радиационном контроле	14	2	2	3	8	2	10
Тема 7. Статистические основы планирования пробоотбора в радиоэкологических исследованиях.	7	1	1	2	4	1	5
Тема 8. Статистические методы при обеспечении качества измерений в радиологических исследованиях.	7	1	1	2	4	1	5
Форма текущей аттестации по разделу	Тестирование, контрольная работа						
Раздел 5. Корреляционный и регрессионный анализ в радиоэкологических исследованиях	13	2	1	4	8	2	10
Тема 9. Корреляционный анализ.	6	1	0	1	4	1	5

Тема 10. Регрессионный анализ.	7	1	1	2	4	1	5
Форма текущей аттестации по разделу	Тестирование, контрольная работа						
Промежуточная аттестация	<i>зачет</i>				4		
Итого:	72	18			54		

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1. Радиоэкологические данные и их статистическое представление

Тема 1. Показатели радиационного контроля.

Основные задачи применения математической статистики в радиоэкологических исследованиях. Статистическая природа закона радиоактивного распада. Дискретные и континуальные объекты исследования. Статические и динамические, однокомпонентные и комплексные радиоэкологические показатели. Контролируемые и расчетные параметры в зоне воздействия радиационно опасных объектов. Дозиметрические показатели. Коэффициенты для характеристики накопления и миграции радионуклидов в природных средах. Шкалы измерений для качественных и количественных показателей. Ранжирование и группировка радиоэкологических данных.

Задания для самостоятельной работы:

- 1) Рассчитать коэффициенты перехода и накопления ^{137}Cs для различных видов растений и коэффициент донной аккумуляции радионуклида на основе данных карты по плотности загрязнения и удельной активности в различных компонентах природной среды;
- 2) Сравнить структуру сообществ зооценозов на площадках в санитарно-защитной зоне промышленного предприятия и на фоновой территории с помощью коэффициентов видового разнообразия;
- 3) Рассчитать ПХЗ-10 для вод водохранилища, расположенного вблизи полигона ТПрО.

Тема 2. Статистическое представление данных.

Гетерогенность радиационных факторов. Неоднородность и анизотропия почв. Картограммы дозовых полей и уровней радиоактивности. Графические методы представления данных. Построение гистограммы распределения, полигона частот и огивы. Статистические характеристики центра распределения и степени варьирования.

Задания для самостоятельной работы:

- 1) Построить распределение ^{137}Cs по профилям почв, определить их тип, провести границы;
- 2) Построить картограммы МЭДГИ, вычислить показатели центра распределения и степени варьирования.

Раздел 2. Законы распределения показателей в радиоэкологических исследованиях

Тема 3. Статистические законы распределения.

Нормальное распределение, его использование для данных на фоновых территориях. Логнормальное распределение как распространенный тип для описания выборок с «горячими точками», «горячими частицами». Статистическая обработка данных при логнормальном распределении. Равномерное, экспоненциальное, гамма-распределение, распределения Вейбулла, их использование для данных радиоэкологического мониторинга. Двумодальные и полимодальные распределения, раздельный анализ фоновой составляющей и «горячих точек». Расчет местного гамма-фона и параметров аномалий.

Тема 4. Проверка гипотез о законе распределения.

Статистические гипотезы, статистические критерии. Критерии согласия. Проверка гипотезы о нормальности распределения с помощью критериев Хи-квадрат и Уилка-Шapiro. Проверка гипотезы о логнормальном законе распределения. Методы нормирования и трансформация исходных значений регистрируемого показателя.

Закон распределения Пуассона, биномиальное распределение; их применение в радиобиологических и радиоэкологических исследованиях. Проверка гипотезы о распределении по закону Пуассона.

Задания для самостоятельной работы (по разделу 2):

- 1) Проверить нормальность распределения для малой выборки данных, характеризующих плотность загрязнения почвы радиоцезием на фоновой территории с помощью критерия Уилка-Шапиро;
- 2) Проверить с помощью критерия Хи-квадрат распределение логнормальным законом данных удельной активности радионуклидов в почве на территории, загрязненной черновобильскими выпадениями;
- 3) Проанализировать гистограмму двумодального распределения удельной активности радионуклида. Разделить исходную выборку на 2 подсовокупности и рассчитать их моды;
- 4) Построить график дифференциальной функции распределения вероятностей биномиальным законом для данных по количеству пораженных деревьев вдоль трансекты.

Раздел 3. Статистические методы сравнения радиационных показателей с фоновыми и контрольными уровнями

Тема 5. Доверительные интервалы и их использование при сравнении с контрольными уровнями.

Доверительный интервал для среднего. Двусторонний и односторонний доверительный интервал. Гарантированные минимум и максимум среднего, интервалы возможных значений признака, их использование при сравнении с контрольными уровнями (ПДУ, УВ, УИ). Расчет доверительных интервалов для логнормальных распределений. Доверительный интервал для медианы.

Квантильный анализ данных. Использование квантилей для описания вертикальной миграции и заглубления радионуклидов в почве.

Задания для самостоятельной работы:

- 1) Рассчитать доверительные интервалы среднего и верхнюю границу интервала возможных значений удельной активности ^{90}Sr в пробах воды с целью сравнения с уровнем вмешательства;
- 2) Рассчитать медиану, квартили, децили запаса ^{137}Cs в почвенном профиле и отобразить их на соответствующих глубинах.

Тема 6. Сравнение средних.

Сравнение радиационной обстановки в различных ландшафтных условиях, в различных зонах техногенеза. Сравнение среднего уровня с постоянной величиной с помощью t-критерия Стьюдента. Сравнение дисперсий с помощью F-критерия Фишера. Сравнение групп средних на основе вычисления наименьшей значимой разности. Сравнение радиационных показателей на загрязненных территориях с фоновыми. Сравнение средних в сопряженных выборках. Статистические подходы к контролю качества контрмер и реабилитационных мероприятий на землях, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Сравнение средних при распределении Пуассона.

Вычисление долей на примере групп организмов, в разной степени подвергшихся радиационному воздействию, анализ долей и их сравнение в радиобиологических исследованиях. Непараметрические методы статистики в радиоэкологических исследованиях. Критерий знаков. Ранговые критерии Вилкоксона, Манна-Уитни.

Дисперсионный анализ (на примере зонирования населенных пунктов, подвергшихся радиоактивному загрязнению). Выявление и интерпретация скрытых взаимодействий факторов. Показатели, используемые для оценки влияния фактора. Доверительные границы значений среднего для каждой градации фактора (для каждой зоны загрязнения). Иерархический дисперсионный анализ. Непараметрический анализ методом Краскала. Проведение полевых экспериментов в импактных зонах загрязнения.

Задания для самостоятельной работы:

- 1) Выдвинуть гипотезы и сделать статистически достоверные выводы для представленных результатов радиационного мониторинга вблизи промышленного объекта ЯТЦ;

- 2) Оценить влияние хронического облучения на контрольную группу растений в условиях вегетационного опыта;
- 3) Установить с помощью критерия знаков возможное накопление поллютанта на основе данных сезонного мониторинга;
- 4) Оценить с помощью дисперсионного анализа влияние фактора уровня радиоактивного загрязнения на демографические показатели в населенных пунктах одного из районов Беларуси, расположенных в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС.

Раздел 4. Статистические методы планирования пробоотбора и обеспечения качества измерений в радиационном контроле

Тема 7. Статистические основы планирования пробоотбора в радиозэкологических исследованиях.

Типология методов и схем пробоотбора. Репрезентативность и рандомизация. Поисковые схемы радиационного обследования территории. Случайный вероятностный, стратифицированный, серийный, детерминированный пробоотбор. Выбор системы пробоотбора для оценки среднего уровня, для проведения многолетних мониторинговых наблюдений. Расчет необходимого количества проб, возможность использования смешанных образцов в радиозэкологической практике. Расчет объема выборок для наблюдения номинативных показателей.

Задания для самостоятельной работы:

- 1) Рассчитать и запланировать количество контрольных точек в различных районах Беларуси для достоверной оценки средней плотности загрязнения ^{137}Cs почвы на основе данных по соседним районам;
- 2) Разработать схемы почвенного опробования для контроля загрязнения вблизи различных объектов (АЭС, полигон ТПрО, хранилище жидких РАО, пульпопровод, уранодобывающее предприятие).

Тема 8. Статистические методы при обеспечении качества измерений в радиологических исследованиях.

Систематические и случайные ошибки измерений. Расчет случайной ошибки при малых объемах определений. Ошибки пробоотбора, пробоподготовки и анализа. Закон сложения ошибок. Статистические аспекты дозиметрии. Оценка неопределенностей результатов радиационного контроля. Аналитические ошибки в радиометрических, радиохимических, спектрофотометрических методах. Оценка неопределенности на нижнем пределе измерения. Выявление грубых ошибок.

Задания для самостоятельной работы:

- 1) Вычислить случайную и систематическую ошибку использованной методики анализа радионуклида;
- 2) Оценить предел обнаружения при анализе с 1 повторностью и проведении холостого опыта для обнаружения следовых количеств в водных пробах;
- 3) Проверить грубую ошибку, превышающую допустимый уровень, для результатов измерения удельной активности ^{90}Sr в партии продуктов питания.

Раздел 5. Корреляционный и регрессионный анализ в радиозэкологических исследованиях

Тема 9. Корреляционный анализ.

Комплексные радиозэкологические исследования компонентов природных сред. Коэффициент корреляции, его оценка и значимость. Частный коэффициент корреляции. Выявление радиационного воздействия при сочетанном загрязнении почв. Взаимосвязи между величинами коэффициентов перехода ^{137}Cs , ^{90}Sr в системе почва-растения и гидрологическими, почвенными, метеорологическими параметрами. Тетрахорический

показатель связи и несимметричные меры ассоциации, применение в радиоэкологических исследованиях.

Тема 10. Регрессионный анализ.

Уравнение и параметры линейной регрессии. Использование данных гамма-съемки для определения плотности загрязнения территории: возможности и ограничения. Линейная калибровка по эталонным образцам. Анализ криволинейных связей: степенной, экспоненциальной; полиномиальные уравнения регрессии. Регрессионные уравнения для описания взаимосвязи радионуклидного загрязнения структурных компонентов древостоев. Множественная регрессия. Оценка влияния почвенных свойств на коэффициенты квазидиффузии ^{137}Cs и ^{90}Sr . Регрессионные модели в радиобиологии и радиоэкологии. Кривые доза-эффект. Пробит регрессия. Логит регрессия.

Задания для самостоятельной работы (по разделу 5):

- 1) Оценить корреляционную связь между плотностью загрязнения почвы ^{106}Ru и ^{137}Cs по результатам обследования контрольных точек и спланировать объем выборки, необходимый для подтверждения, что эта корреляционная связь является статистически значимой;
- 2) Рассчитать частный коэффициент корреляции между ^{226}Ra и ^{232}Th в пробах торфяного горизонта, исключая влияние зольности;
- 3) Оценить приуроченность развития деградационных процессов к отдельным типам почв с помощью расчета тетрахорического показателя связи;
- 4) Построить по экспериментальным данным кривую доза-эффект и рассчитать LD_{50} и LD_{10} .

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля:

Рекомендуемые темы рефератов:

1. Индексы видового разнообразия биоценозов и их статистические оценки.
2. «Горячие частицы» чернобыльского выброса и их влияние на статистические параметры распределений техногенных радионуклидов в почвах.
3. Доверительные интервалы возможных значений радиационных факторов на объектах захоронения радиоактивных отходов.
4. Прогнозирование поступления техногенных радионуклидов в продукцию животноводства с применением статистических методов.
5. Выбор и статистическое обоснование регламента радиационного обследования территорий населенных пунктов.
6. Статистические основы планирования производственного радиационного контроля окружающей среды в зоне наблюдения АЭС.
7. Поисковая дозиметрия: принципы, порядок проведения, статистическая обработка результатов.
8. Статистические основы процедур внутрилабораторного и межлабораторного контроля качества измерений.
9. Корреляционный анализ показателей потенциальной радоноопасности территории.
10. Статистический анализ многолетней динамики коэффициентов перехода техногенных радионуклидов в системе почва-растение для различных сельскохозяйственных культур.

7.2. Типовые контрольные вопросы, задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации:

Раздел 1. Радиоэкологические данные и их статистическое представление

1. Показатели радиационного контроля. Шкалы измерений для качественных и количественных показателей.
2. Дискретные и континуальные объекты в радиоэкологических исследованиях. Ранжирование и группировка данных.
3. Гетерогенность радиационных факторов. Статистические характеристики центра распределения.
4. Статистические характеристики степени варьирования. Картограммы дозовых полей и уровней радиоактивности.

Раздел 2. Законы распределения показателей в радиоэкологических исследованиях.

5. Закон нормального распределения, его использование для данных на фоновых территориях.
6. Логнормальное распределение, его использование для описания выборок с «горячими точками», «горячими частицами» радионуклидов в почвах.
7. Двумодальные и полимодальные распределения, отдельный анализ фоновой составляющей и аномалий.
8. Проверка нормальности распределения дозиметрических показателей с помощью критериев Хи-квадрат и Уилка-Шапиро.
9. Применение биномиального распределения и распределения Пуассона в радиобиологических и радиоэкологических исследованиях.

Раздел 3. Статистические методы сравнения радиационных показателей с фоновыми и контрольными уровнями.

10. Доверительный интервал среднего. Интервал возможных значений показателя, его использование в радиационном контроле.
11. Расчет доверительных интервалов для логнормальных распределений. Доверительный интервал для медианы.
12. Квантильный анализ данных. Использование квантилей для описания вертикальной миграции радионуклидов в почве.
13. Сравнение радиационных показателей на загрязненных и фоновых территориях. Сравнение групп средних на основе вычисления наименьшей значимой разности.
14. Статистические подходы к контролю контрмер и реабилитационных мероприятий на землях, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Сравнение средних в сопряженных выборках.
15. Статистический анализ показателей в альтернативной шкале. Оценка и сравнение долей в радиобиологических исследованиях.
16. Непараметрические методы статистики: критерий знаков, критерий Вилкоксона, критерий Манна-Уитни, их применение в радиоэкологических исследованиях.
17. Оценка влияния радиационных факторов с помощью дисперсионного анализа.

Раздел 4. Статистические методы планирования пробоотбора и обеспечения качества измерений в радиационном контроле

18. Типология методов и схем пробоотбора. Репрезентативность и рандомизация. Статистические основы планирования пробоотбора в радиоэкологических исследованиях.
19. Выбор системы пробоотбора для проведения многолетних мониторинговых наблюдений. Расчет необходимого количества проб, условия применения смешанных почвенных образцов в радиоэкологической практике.
20. Систематические и случайные ошибки измерений. Оценки неопределенностей в процедурах радиационного контроля.

21. Ошибки пробоотбора, пробоподготовки и анализа. Статистические методы при обеспечении качества измерений в радиологических исследованиях.

Раздел 5. Корреляционный и регрессионный анализ в радиоэкологических исследованиях

22. Комплексные радиоэкологические исследования компонентов природных сред. Коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена, оценка их значимости.

23. Анализ криволинейных связей. Полиномиальные уравнения регрессии.

24. Регрессионные модели в радиобиологии и радиоэкологии. Кривые доза-эффект. Пробит регрессия.

8. Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине:

В таблице представлена шкала оценивания результатов обучения по дисциплине. Уровень знаний обучающегося оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Оценка "отлично" выставляется, если обучающийся демонстрирует сформированные систематические знания, умения и навыки их практического использования. Оценка "хорошо" ставится, если при демонстрации знаний, умений и навыков студент допускает отдельные неточности (пробелы, ошибочные действия) непринципиального характера. При несистематических знаниях, демонстрации отдельных (но принципиально значимых навыков) и затруднениях в демонстрации других навыков выставляется оценка «удовлетворительно». Оценка "неудовлетворительно" ставится, если знания и умения фрагментарны, а навыки отсутствуют.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка РО и соответствующи е виды оценочных средств	2	3	4	5
Знания (виды оценочных средств: устные и письменные опросы, самостоятельные и контрольные работы, тесты)	Отсутстви е знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированны е систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические задания, написание и защита рефератов на заданную тему)	Отсутстви е умений	В целом успешное, но не систематическо е умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиально го характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности)	Отсутстви е навыков (владений,	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения),	Сформированны е навыки (владения),

	опыта)	(наличие фрагментарного опыта)	но используемые не в активной форме	применяемые при решении задач
--	--------	--------------------------------------	---	-------------------------------------

9. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы:
 1. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: учебник. М.: URSS: ЛИБРОКОМ, 2010.
 2. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. М.: Изд-во МЦНМО, 2016.
 3. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R. Тольятти: Кассандра, 2014.
 4. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях: Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Academia, 2004.
 5. Дворкин В. И. Метрология и обеспечение качества химического анализа. М.: Техносфера, 2019.
 6. Богачев М.И., Каюмов А.Р., Красичков А.С., Маркелов О.А. Математические методы выявления регулярных и статистических закономерностей в биомедицинских и экологических данных большого объема. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2013.

Дополнительная литература:

<http://statistica.ru/> – информационный сайт StatSoft

<https://www.russianatom.ru/> - информационный сайт параметров радиационной обстановки на предприятиях Росатома

- Перечень лицензионного программного обеспечения
MS Windows10, MS Teams
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
«Экорадмод» (<https://soil.msu.ru/kafedry/kaf-radioecologia/ecoradmod>)
- Описание материально-технической базы
 - А. Помещения
 - 2 аудитории, оборудованные оргтехникой (проектор, компьютер, выход в Интернет);
 - Б. Оборудование
 - для семинарских и лекционных аудиторий: необходимая оргтехника и др.;
 - В. Иные материалы

10. Язык преподавания: русский

11. Преподаватель (преподаватели):

Липатов Денис Николаевич

Должность: старший преподаватель

Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 17.10.2000 г.

Диссертационный совет Московского гос. университета им. М.В. Ломоносова

Ученое звание (когда и кем присвоено):

12. Разработчики программы:

Липатов Денис Николаевич

Должность: старший преподаватель

Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 17.10.2000 г.

Диссертационный совет Московского гос. университета им. М.В. Ломоносова

Ученое звание (когда и кем присвоено):

13. Краткая аннотация дисциплины: Курс направлен на применение методов статистического анализа данных в радиоэкологических исследованиях. В курсе рассматриваются закономерности распределения радионуклидов в почвах, осваиваются статистические методы сравнения радиационных показателей с фоновыми и контрольными уровнями. Изучаются статистические методы планирования пробоотбора и обеспечения качества измерений в радиационных исследованиях, применение регрессионных моделей в радиобиологии, корреляционный анализ в комплексных экологических изысканиях.