

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 17.09.2025 10:57:28  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bfb98bf3b6cb77a486b9a8788b8322523



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	стр. 1
---	--------

**Фонд оценочных средств**  
по дисциплине  
**Основы биометрического анализа и планирования эксперимента**

Направление подготовки (специальность)  
**06.03.01 Биология**

Направленность (профили)  
Микробиология, биофизика, биоэкология, генетика, гистология и гистологическая техника

Присваиваемая квалификация  
**Бакалавр**

**Год набора 2023**

Форма обучения  
**Очная**

Челябинск, 2025

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 06.03.01 «Биология»

Направленность (профиль): Биофизика, Биоэкология, Генетика, Микробиология, Гистология и гистологическая техника

Дисциплина: Основы биометрического анализа и планирования эксперимента

Семестр изучения: 5

Форма промежуточной аттестации: зачет

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Изучение дисциплины «Основы биометрического анализа и планирования эксперимента» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Коды и содержание индикаторов	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

<p>ОПК- 7</p>	<p>Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК- 7. 1 Имеет представление об основных существующих информационных технологиях, используемых при решении профессиональных задач; ОПК- 7. 2 Демонстрирует умения использовать существующие информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности. ОПК- 7. 3 Имеет практический опыт использования существующих информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности.</p>	<p>Знать: Для реализации ОПК- 7. 1 знать: области, требующие применения биометрических методов получения и обработки информации; основы методологии науки и её связь с методами статистического анализа Для реализации ОПК- 7. 2 знать: возможности и способы получения данных с приборов и оборудования для последующего статистического анализа. Уметь: Для реализации ОПК- 7. 1 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры. Для реализации ОПК- 7. 2 уметь: выбирать уместные методы биостатистики на разных этапах научного метода; составлять части отчёта, требующие описания или использования биостатистических методов Для реализации ОПК- 7. 3 уметь: качественно</p>
---------------	--	--	--

			<p>в выполнять контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах</p> <p>Владеть:</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 3 владеть: методами расчёта объёмов выборки</p>
ПК- 1	Способен применять современные методы обработки, анализа и синтеза полевой, производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно-технических проектов и отчетов	<p>ПК- 1. 1 Применяет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы анализа информации,</li> <li>- принципы работы современной аппаратуры и вычислительных средств</li> </ul> <p>ПК- 1. 2 Использует теоретические знания в лабораторной работе;</p>	<p>Знать:</p> <p>Для реализации ПК- 1. 1 знать: возможности и способы получения данных с приборов и оборудования для последующего статистического анализа.</p> <p>Уметь:</p> <p>Для реализации ПК- 1. 2 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры.</p> <p>Владеть:</p> <p>-</p>

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1. Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/ № задания
1	<p><b>ОПК- 7</b></p> <p>Для реализации ОПК- 7. 1 знать: области требующие применения биометрических методов получения и обработки информации; основы методологии науки и её связь с методами статистического анализа</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 2 знать: возможности и способы получения данных</p>	<p>1. Преобразование шкалы в анализе данных.</p> <p>3. Выборочные сравнения</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Доклад</p>	<p>Зачетные вопросы по теории дисциплины № 1–7</p>

	<p>с приборов и оборудования для последующего статистического анализа. Для реализации ОПК- 7. 1 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры. Для реализации ОПК- 7. 2 уметь: выбирать уместные методы биostatистики на разных этапах научного метода; составлять части отчёта, требующие описания или использования биostatистических методов Для реализации ОПК-7.3 уметь: качественно выполнять контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах Владеть: Для реализации ОПК- 7. 3 владеть: методами расчёта объёмов выборки</p>	<p>для случая трёх и более групп и одного действующего фактора.</p>		
2	<p><b>ОПК-7</b> Для реализации ОПК- 7. 1 знать: области требующие применения биометрических методов получения и обработки информации; основы методологии науки и её связь с методами статистического анализа Для реализации ОПК- 7. 2 знать: возможности и способы получения данных с приборов и оборудования для последующего статистического анализа. Для реализации ОПК- 7. 1 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры. Для реализации ОПК- 7. 2 уметь: выбирать уместные методы биostatистики на разных этапах научного метода; составлять части отчёта, требующие описания или использования биostatистических методов Для реализации ОПК-7.3 уметь: качественно выполнять контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах Владеть: Для реализации ОПК- 7. 3 владеть: методами расчёта объёмов выборки <b>ПК-1</b> Для реализации ПК- 1. 1 знать: возможности и способы получения данных с приборов и оборудования для последующего статистического анализа.</p>	<p>1. Преобразование шкалы в анализе данных. 2. Выборочные сравнения для случая двух групп. 3. Выборочные сравнения для случая трёх и более групп и одного действующего фактора. 4. Выборочные сравнения для случая нескольких действующих факторов. 5. Анализ</p>	<p>Устный опрос Контрольная работа Доклад</p>	<p>Зачетные вопросы по теории дисциплины № 1–27</p>

	<p>Для реализации ПК- 1. 2 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры</p>	<p>связей. Корреляция и ассоциация. 6. Анализ зависимостей . Линейная регрессия. 7. Анализ зависимостей . Нелинейная регрессия. 8. Некоторые специфические задачи в биологических исследованиях. 9. Многомерные методы разведочного анализа данных.</p>		
--	--	---	--	--

*Примечание: типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе дисциплины (модуля). Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре.*

### 3.2. Содержание оценочных средств

Оценочные средства представлены контрольными работами, устным опросом, докладами, зачетными вопросами и зачетными задачами.

#### 3.2.1. Вопросы для устного опроса

1. Генетические алгоритмы в решении практических задач
2. Дискретные распределения: биномиальное, пуассоновское, вырожденное биномиальное
3. Критика синтетического подхода к статистическому оцениванию
4. Преимущества Байесовского подхода к проверке гипотез
5. Разновидности способов преобразования данных
6. Критерий Фридмана и оценка конкордации по Кендаллу
7. Специфические меры ассоциации для качественных признаков
8. Преобразования шкалы в целях линеаризации нелинейных зависимостей
9. Специфические уравнения нелинейной регрессии в биологии
10. Многомерные методы разведочного анализа данных: зависимость результатов кластерного анализа от выбора мер расстояния между объектами, анализ соответствий, нелинейные главные компоненты.

11. Знакомство с онлайн-калькуляторами расчёта объёмов выборок.

**3.2.2. Контрольные работы**

**Контрольная работа № 1**

**Вариант 1**

У рыб озера Чебакуль (Челябинская обл.) определено содержание никеля в мышечной ткани, в мг/кг сухого вещества. Данные представлены в таблице.

Плотва	1,41	1,79	0,17	1,10	0,17	0,17	1,07	0,20	0,17	0,17
Окунь	0,84	0,46	0,37	0,45	0,37	0,42	0,40	0,44	0,41	0,36

Задание. Рассчитать: среднее [95 %- ный доверительный интервал бутстрепом ВСа], медиану (квартили). Результаты округлить до сотых.

**Ответ:**

Плотва

Среднее [95% ДИ]: 0,64 [0,27; 1,02]

Медиана (квартили): 0,19 (0,17 – 1,18)

Окунь

Среднее [95 % ДИ]: 0,45 [0,39; 0,54]

Медиана (квартили): 0,42 (0,37 – 0,45)

**Вариант 2**

У рыб озера Чебакуль (Челябинская обл.) определено содержание свинца в мышечной ткани, в мг/кг сухого вещества. Данные представлены в таблице.

Плотва	1,19	1,15	3,04	0,90	0,51	0,76	0,58	0,43	0,87	0,87
Окунь	2,89	1,53	1,45	2,42	0,70	2,36	1,37	1,28	1,92	0,92

Задание. Рассчитать: среднее [95 %- ный доверительный интервал бутстрепом ВСа], медиану (квартили). Результаты округлить до сотых.

**Ответ:**

Плотва

Среднее [95 % ДИ]: 1,03 [0,67; 1,49]

Медиана (квартили): 0,87 (0,56 – 1,16)

Окунь

Среднее [95 % ДИ]: 1,68 [1,28; 2,09]

Медиана (квартили): 1,49 (1,19 – 2,38)

**Контрольная работа № 2**

Взять в учебнике С. Гланца «Медико-биологическая статистика» задание 4.2 на стр. 119-120. Поскольку известно, что распределение давления отличается от нормального, исходные данные нужно предварительно преобразовать:

Вариант 1 – преобразованием десятичного логарифма

### Вариант 2 – преобразованием квадратного корня

Статистически обосновать выбор нужного варианта  $t$ -критерия Стьюдента. Рассчитать средние значения артериального давления в группах лабораторных животных с 95 % ДИ, полученные с помощью ретрансформации преобразованных значений в исходную шкалу. Ответить на вопрос задачи, сформулировать и статистически подкрепить вывод.

#### Ответ. Вариант 1

После логарифмического преобразования

Плацебо: 2,104562 [2,063918; 2,14610]

Нифедипин: 2,004948 [1,96261; 2,045722]

После ретрансформации в исходную шкалу мм ртутного столба

Плацебо: 127,2 [115,9; 140,0]

Нифедипин: 101,1 [91,8; 111,1]

Проверка равенства дисперсий в группах

Критерий Снедекора – Фишера  $F_{(10; 10)} = 1,02$ ;  $P = 0,974$ . Поскольку дисперсии в группах не различаются статистически значимо ( $P > 0,05$ ), считаем их равными и для сравнения средних будем использовать классический вариант критерия Стьюдента.

Вывод: при действии нифедипина установлено статистически значимое снижение артериального давления после приема кокаина: критерий Стьюдента  $t_{(20)} = 3,17$ ;  $P = 0,005$ .

Следовательно данный препарат может использоваться при лечении поражения сердца, вызванного кокаином.

#### Ответ. Вариант 2

После преобразования квадратного корня

Плацебо: 11,31621 [10,77838; 11,86121]

Нифедипин: 10,08999 [9,606044; 10,55492]

После ретрансформации в исходную шкалу мм ртутного столба

Плацебо: 128,1 [116,2; 140,7]

Нифедипин: 101,8 [92,3; 111,4]

Проверка равенства дисперсий в группах

Критерий Снедекора – Фишера  $F_{(10; 10)} = 1,32$ ;  $P = 0,670$ . Поскольку дисперсии в группах не различаются статистически значимо ( $P > 0,05$ ), считаем их равными и для сравнения средних будем использовать классический вариант критерия Стьюдента.

Вывод: при действии нифедипина установлено статистически значимое снижение артериального давления после приема кокаина: критерий Стьюдента  $t_{(20)} = 3,17$ ;  $P = 0,005$ .

Следовательно данный препарат может использоваться при лечении поражения сердца, вызванного кокаином.

### Контрольная работа № 3

Изучалась антибиотикорезистентность клинических изолятов *E. coli*, выделенных от стационарных больных отделения хирургического профиля больницы г. Челябинска. Было обнаружено, что к цефотаксиму были резистентны 9 изолятов из 44 изученных. По данным из других регионов РФ доля резистентных к цефтазидиму штаммов *E. coli* из 138 изученных составляет 33,3%.

Задание:

- 1) рассчитать относительные частоты;

- 2) рассчитать 95 % ДИ для них методом Клоппера – Пирсона;  
3) результаты ввести в таблицу:

Антибиотик	Частота, %[95 % ДИ]	
	Челябинск (n=44)	РФ (n=62)
Цефотаксим	...	...

- 4) Отличаются ли полученные данные по антибиотикорезистентности для Челябинска от данных по РФ? Сформулировать подкреплённый статистически вывод.  
Результат: Заполненная таблица и вывод.

**Ответ:**

Антибиотик	Частота, %[95 % ДИ]	
	Челябинск (n=44)	РФ (n=138)
Цефотаксим	20,5 [9,8; 35,3]	33,3 [25,5; 41,9]

Вывод:

Резистентность к цефотаксиму штаммов *E. coli* из больницы Челябинска не отличалась от данных по РФ критерий хи-квадрат Пирсона  $\chi^2_{(1)}=2,62$ ;  $P=0,105$ .

#### Контрольная работа № 4 (итоговая)

Скачать данные «Ирисы Фишера». Это – очень распространённый пример, есть на многих ресурсах, в том числе – в Википедии:  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Ирисы\\_Фишера](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ирисы_Фишера)

#### Задание 1.

Для трёх видов ириса рассчитать: количество наблюдений  $n$ , среднее, стандартную ошибку, стандартное отклонение, 95 %-ые доверительные интервалы (95 % ДИ) для среднего (бутстреп, метод ВСа) и медиану с квантилями для показателя:

Вариант 1. Длина чашелистика

Вариант 2. Ширина чашелистика

Вариант 3. Длина лепестка

Вариант 4. Ширина лепестка.

Среднее округлить до сотых, по остальным мерам – самостоятельно. Заполнить таблицу:

**Таблица 1 – Характеристики трёх видов ириса по показателю ... (дописать)**

Характеристики	<i>Iris setosa</i> (n=50)	<i>Iris versicolor</i> (n=..)	<i>Iris virginica</i> (n=..)
Среднее ± станд. ошибка			
Среднее; станд. отклонение			
Среднее [95 % ДИ]			
Медиана (Квантили)			

**Результат по заданию: заполненная таблица.**

#### Задание 2.

Для трёх видов ириса рассчитать долю объектов:

Вариант 1. Длина чашелистика менее 5,8 см.

Вариант 2. Ширина чашелистика менее 3,0 см.

Вариант 3. Длина лепестка менее 4,4 см.

Вариант 4. Ширина лепестка менее 1,3 см.

Абсолютные частоты и относительные частоты с 95 % ДИ по Клопперу – Пирсону (округление до десятых) свести в таблицу:

**Таблица 2 – Частоты встречаемости ... (дописать)**

Вид	Объём выборки, шт.	Частота показателя менее ...	
		Абсолютная, шт.	Относительная, % [95 % ДИ]
<i>Iris setosa</i>	50		
<i>Iris virginica</i>	...		
<i>Iris versicolor</i>	...		

Чтобы не ошибиться в расчётах данные перед подсчётом удобнее отсортировать по возрастанию в пределах вида (в Excel, Calc, PAST и др.).

**Результат по заданию: заполненная таблица.**

### Задание 3.

Сравнить *Iris setosa* и *Iris virginica* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 1. Длина чашелистика

Вариант 2. Ширина чашелистика

Вариант 3. Длина лепестка

Вариант 4. Ширина лепестка.

**Результат оформить по образцам в «Лабораторно-материальную практику по биостатистике»:**

**3а) Фрагмент текста для раздела «Материалы и методы»**

**3б) Коробчатая диаграмма для сравниваемых видов (вставить в документ как рис. 1) в разделе «Результаты и обсуждение»**

**3в) Вывод о наличии или отсутствию различий, подкреплённый статистически.**

### Задание 4.

Рассчитать корреляцию Пирсона между показателем и построить диаграмму рассеяния с 95 %-ным доверительным эллипсом. Рисунок доработать: подписать оси, настроить размер шрифта, интервал между делениями шкалы (если нужно), сохранить и вставить в документ как рис. 2.

Вариант 1. *Iris setosa*, длина и ширина чашелистика

Вариант 2. *Iris virginica*, длина и ширина чашелистика

Вариант 3. *Iris versicolor*, длина и ширина чашелистика

Вариант 4. *Iris setosa*, длина чашелистика и длина лепестка.

**Результат:**

**4а) Рисунок**

**4б) Вывод о наличии или отсутствию связи, подкреплённый статистически.**

Всё аккуратно и грамотно оформить в Word или аналогичном текстовом редакторе. Шрифт 12, 13 или 14.

## Ответы

### Вариант 1

**Характеристики трёх видов ириса по показателю длина чашелистика**

Характеристики	<i>Iris setosa</i> (n=50)	<i>Iris versicolor</i> (n=50)	<i>Iris virginica</i> (n=50)
Среднее ± станд. ошибка	5,01 ± 0,050	5,94 ± 0,073	6,59 ± 0,090
Среднее; станд. отклонение	5,01; 0,35	5,94; 0,52	6,59; 0,64
Среднее [95% ДИ]	5,01 [4,91; 5,10]	5,94 [5,79; 6,08]	6,59 [6,41; 6,76]
Медиана (Квартили)	5,0 (4,8 – 5,2)	5,9 (5,6 – 6,3)	6,5 (6,2 – 7,0)

**Таблица с частотами** длины чашелистика менее 5,8 см.

Вид	Объём выборки, шт.	Частота показателя менее ...	
		Абсолютная, шт.	Относительная, % [95% ДИ]
<i>Iris setosa</i>	50	49	98,0 [89,4; 99,9]
<i>Iris virginica</i>	50	3	6,0 [1,3; 16,5]
<i>Iris versicolor</i>	50	21	42,0 [28,2; 56,8]

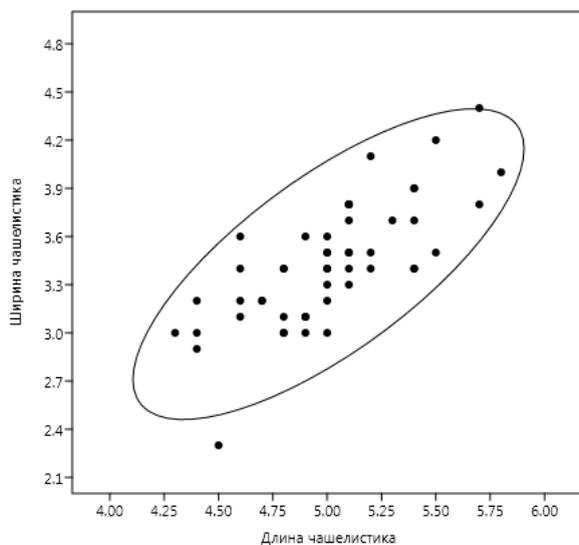
### Задание 3.

Сравнить *Iris setosa* и *Iris virginica* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 1. Длина чашелистика

$$U_{(50; 50)} = 38,5; p < 0,001 (6,40 \times 10^{-17})$$

### Задание 4.



Вариант 1. *Iris setosa*, длина и ширина чашелистика

$$r = 0,74; p < 0,001 (6,71 \times 10^{-10})$$

### Вариант 2

**Характеристики трёх видов ириса по показателю Ширина чашелистика**

Характеристики	<i>Iris setosa</i> (n=50)	<i>Iris versicolor</i> (n=..)	<i>Iris virginica</i> (n=..)
Среднее ± станд. ошибка	3,43 ± 0,054	2,77 ± 0,044	2,97 ± 0,046

Среднее; станд. отклонение	3,43; 0,38	2,77; 0,31	2,97; 0,32
Среднее [95% ДИ]	3,43 [3,32; 3,53]	2,77 [2,68; 2,85]	2,97 [2,88; 3,06]
Медиана (Квартили)	3,4 (3,2 – 3,7)	2,8 (2,5 – 3,0)	3,0 (2,8 – 3,2)

**Таблица с частотами** Ширина чашелистика менее 3,0 см.

Вид	Объём выборки, шт.	Частота показателя менее ...	
		Абсолютная, шт.	Относительная, % [95% ДИ]
<i>Iris setosa</i>	50	2	4,0 [0,5; 13,7]
<i>Iris virginica</i>	50	21	42,0 [28,2; 56,8]
<i>Iris versicolor</i>	50	34	68,0 [53,3; 80,5]

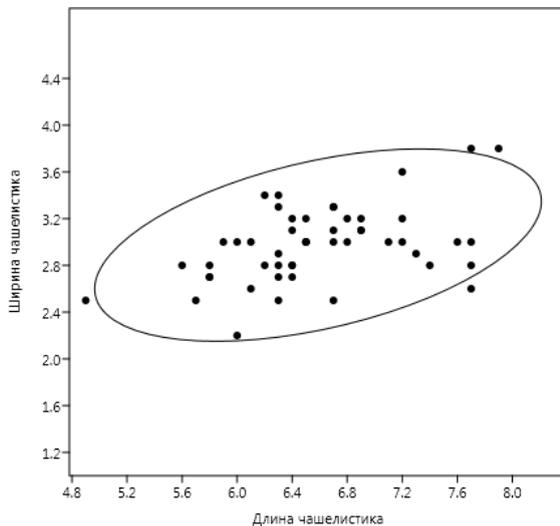
### Задание 3.

Сравнить *Iris setosa* и *Iris virginica* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 2 Ширина чашелистика

$U_{(50; 50)} = 414$ ;  $p < 0,001$  ( $7,10 \times 10^{-9}$ )

### Задание 4.



$r = 0,46$ ;  $p < 0,001$  (0,00004346)

### Вариант 3

**Характеристики трёх видов ириса по показателю** Длина лепестка

Характеристики	<i>Iris setosa</i> (n=50)	<i>Iris versicolor</i> (n=..)	<i>Iris virginica</i> (n=..)
Среднее ± станд. ошибка	1,46 ± 0,025	4,26 ± 0,066	5,55 ± 0,078
Среднее; станд. отклонение	1,46; 0,17	4,26; 0,47	5,55; 0,55
Среднее [95% ДИ]	1,46 [1,41; 1,51]	4,26 [4,13; 4,39]	5,55 [5,40; 5,70]
Медиана (Квартили)	1,5 (1,4 – 1,6)	4,4 (4,0 – 4,6)	5,6 (5,1 – 5,9)

**Таблица с частотами** Длина лепестка менее 4,4 см

	Объём	Частота показателя менее ...
--	-------	------------------------------

Вид	выборки, шт.	Абсолютная, шт.	Относительная, % [95% ДИ]
<i>Iris setosa</i>	50	50	100 [92,9; 100]
<i>Iris virginica</i>	50	0	0,0 [0,0; 7,1]
<i>Iris versicolor</i>	50	25	50,0 [35,5; 64,5]

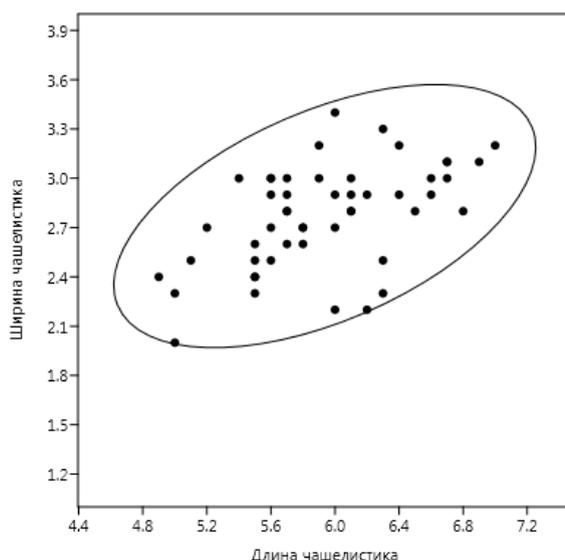
### Задание 3.

Сравнить *Iris setosa* и *Iris virginica* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 3. Длина лепестка

$U_{(50; 50)} = 0,0; p < 0,001 (5,67 \times 10^{-18})$

### Задание 4.



$r = 0,53; p < 0,001 (8,77 \times 10^{-5})$

### Вариант 4

#### Характеристики трёх видов ириса по показателю Ширина лепестка

Характеристики	<i>Iris setosa</i> (n=50)	<i>Iris versicolor</i> (n=..)	<i>Iris virginica</i> (n=..)
Среднее ± станд. ошибка	0,25 ± 0,015	1,33 ± 0,028	2,03 ± 0,039
Среднее; станд. отклонение	0,25; 0,11	1,33; 0,20	2,03; 0,27
Среднее [95% ДИ]	0,25 [0,22; 0,27]	1,33 [1,27; 1,38]	2,03 [1,95; 2,10]
Медиана (Квартили)	0,2 (0,2 – 0,3)	1,3 (1,2 – 1,5)	2,0 (1,8 – 2,3)

#### Таблица с частотами Ширина лепестка менее 1,3 см

Вид	Объём выборки, шт.	Частота показателя менее ...	
		Абсолютная, шт.	Относительная, % [95% ДИ]
<i>Iris setosa</i>	50	50	100 [92,9; 100]
<i>Iris virginica</i>	50	0	0,0 [0,0; 7,1]

<i>Iris versicolor</i>	50	15	30,0 [17,9; 44,6]
------------------------	----	----	-------------------

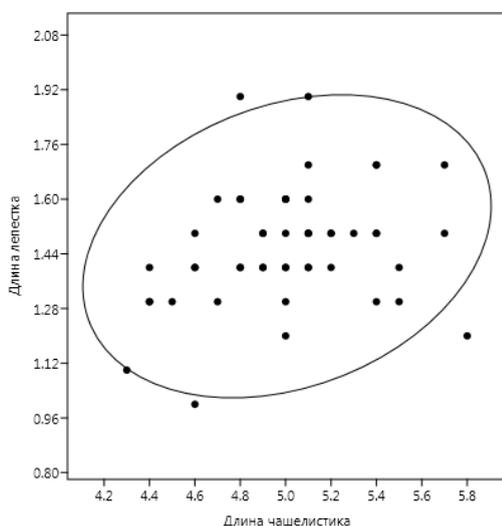
### Задание 3.

Сравнить *Iris setosa* и *Iris virginica* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 4. Ширина лепестка.

$$U_{(50; 50)} = 0,0; p < 0,001 (2,43 \times 10^{-18})$$

### Задание 4.



$$r = 0,27; p = 0,061$$

### 3.2.3. Темы докладов

1. Многомерные методы анализа данных в дисциплине (методы: варианты кластерного анализа, нелинейный анализ главных компонент, анализ главных координат и многомерное метрическое шкалирование, многомерное неметрическое шкалирование, множественный анализ соответствий; дисциплины: микробиология, биофизика, физиология человека и животных, генетика, экология).
2. Технологии добычи данных: цели, разновидности, алгоритмы, практическое использование в дисциплине (дисциплины: микробиология, биофизика, физиология человека и животных, генетика, экология).

### 3.2.4. Зачетные вопросы по теории дисциплины

1. Основные распределения признаков в биологии. Нормальное распределение количественных показателей.

**План ответа.** Перечислить основные распределения: непрерывные (нормальное, логарифмически нормальное) и дискретные (биномиальное, отрицательное биномиальное, полиномиальное, Пуассона). Нормальное распределение исторически – распределение де Муавра, математически – распределение Гаусса, нормальное – т.к. часто встречается в природе. Появляется когда на признак действует большое число слабых и независимых факторов (примеры). Кривая нормального распределения:

симметричная и колоколообразная. Параметры нормального распределения: математическое ожидание и стандартное отклонение.

2. Нормальное распределение в природе. Биологический смысл отклонений выборочного распределения от нормального.

**План ответа.** Нормальное распределение исторически – распределение де Муавра, математически – распределение Гаусса, нормальное – т. к. часто встречается в природе. Появляется когда на признак действует большое число слабых и независимых факторов (примеры). Кривая нормального распределения: симметричная и колоколообразная. Параметры нормального распределения: математическое ожидание и стандартное отклонение. Асимметрия распределения как особенность признака и как результат действия на признак фактора отбора. Эксцесс распределения как смесь распределений с близкими средними, но разной дисперсией и как результат действия стабилизирующего отбора.

3. Характеристики статистического критерия. Типы статистических критериев. Особенности использования парных метрических и непарных метрических критериев в биологических исследованиях.

**План ответа.** Статистический критерий как метод проверки нулевой гипотезы. Классификация критериев. Парные метрические критерии задействуют в расчётах параметры нормального распределения, поэтому требуют знания о нормальности распределения признака, либо его проверки по выборке. Непарные метрические критерии менее требовательны к данным, но и менее мощные. Привести несколько пар парных метрических и непарных метрических критериев для сравнения двух и нескольких групп, для поиска связей, для поиска зависимостей.

4. Основные распределения выборочных статистик ( $t$ -распределение,  $F$ -распределение, распределение хи-квадрат) и связанные с ними критерии, распространённые в биометрии.

**План ответа.** Исторические сведения о разработке данных критериев Госсетом ( $t$ -распределение), Снедекором ( $F$ -распределение) и Пирсоном (хи-квадрат). Желательно привести формулы на память, т. к. они простые и расчёты по ним выполнялись на лабораторных занятиях вручную. Привести примеры статистических критериев с использованием данных распределений.

5. Выборочные сравнения в анализе различий двух групп по количественному показателю. Возможности и ограничения параметрических тестов.

**План ответа.** Понятие о выборочных сравнениях, примеры из биологии и медицины. Анализ зависимых и независимых выборок. Парные метрические методы самые мощные в статистическом смысле, но требуют нормального распределения данных в популяции, что не всегда выполняется на практике. Преобразование данных как возможность для применения параметрики.  $t$ -критерий Стьюдента и его варианты.

6. Выборочные сравнения в анализе различий двух групп по количественному показателю. Возможности и ограничения непараметрических тестов.

**План ответа.** Понятие о выборочных сравнениях, примеры из биологии и медицины. Анализ зависимых и независимых выборок. Непарные метрические методы самые уступают в мощности параметрическим, но требования к данным менее жёсткие. Критерий Манна-Уитни и парный критерий Уилкоксона как непараметрические аналоги  $t$ -критерия и

парного  $t$ -критерия.

7. Преобразования шкалы в анализе данных.

**План ответа.** Преобразование используется для приведения данных в соответствие с требованиями модели статистической модели для их анализа. Примеры асимметричных распределений в природе, которые легко преобразовать: площадь листа и квадратный корень из площади, численность микроорганизмов и логарифм численности. Преобразование Бокса – Кокса как адаптивное к данным универсальное степенное преобразование. Угловые преобразования процентов, преобразование квадратного корня для редких событий.

8. Понятие о таблицах сопряженности. Наблюдаемые и ожидаемые частоты. Анализ таблиц  $2 \times 2$  и  $r \times c$ .

**План ответа.** Пример таблицы сопряженности (ТС). Два входа ТС. Ожидаемые частоты рассчитываются в предположении отсутствия связи между входами ТС. Проверка согласия наблюдаемых и ожидаемых частот критериями согласия: Пирсона, Фримана – Тьюки, G-критерием максимального логправдоподобия, точным методом Фишера, процедурой Монте-Карло и точным рандомизационным критерием: какой из них лучше? Вклад ячейки в статистику критерия, стандартизованные остатки.

9. Сравнение двух выборок по качественным показателям. Статистические критерии. Относительный риск.

**План ответа.** Примеры качественных признаков и ситуаций когда требуется такое сравнение. Проверка согласия наблюдаемых и ожидаемых частот критериями согласия: Пирсона, Фримана – Тьюки, G-критерием максимального логправдоподобия, точным методом Фишера, процедурой Монте-Карло и точным рандомизационным критерием: какой из них лучше? Относительный риск  $RR$  как отношение частот двух событий.

10. Сравнение двух выборок по качественным показателям. Статистические критерии. Отношение шансов.

**План ответа.** Примеры качественных признаков и ситуаций когда требуется такое сравнение. Проверка согласия наблюдаемых и ожидаемых частот критериями согласия: Пирсона, Фримана – Тьюки, G-критерием максимального логправдоподобия, точным методом Фишера, процедурой Монте-Карло и точным рандомизационным критерием: какой из них лучше? Понятие шанса, отношение шансов  $OR$  как отношение шансов двух событий. Асимметрия  $OR$  и логит как симметричное производное от  $OR$ .

11. Выборочные сравнения в анализе различий двух групп по количественному показателю. Возможности и ограничения параметрических тестов.

**План ответа.** Понятие о выборочных сравнениях, примеры из биологии и медицины. Анализ зависимых и независимых выборок. Параметрические методы самые мощные в статистическом смысле, но требуют нормального распределения данных в популяции, что не всегда выполняется на практике. Преобразование данных как возможность для применения параметрики.  $t$ -критерий Стьюдента и его варианты.

12. Выборочные сравнения в анализе различий двух групп по количественному показателю. Возможности и ограничения непараметрических тестов.

**План ответа.** Понятие о выборочных сравнениях, примеры из биологии и медицины. Анализ зависимых и независимых выборок. Непараметрические методы самые уступают в мощности параметрическим, но требования к данным менее жесткие. Критерий Манна

– Уит-ни и парный критерий Уилкоксона как непараметрические аналоги  $t$ -критерия и парного  $t$ -критерия.

13. Дисперсионный анализ и изменчивость. Классификации методов дисперсионного анализа.

**План ответа.** Историческая справка о разработке ДА Р. Фишером. Принцип ДА: разложение общей изменчивости ( дисперсии) на части, связанные с действием факторов, их взаимодействием и случайную внутригрупповую изменчивость. Классификация ДА по числу факторов, по модели (с фиксированными факторами, случайными факторами, смешанная), по схеме (перекрестная, иерархическая, перекрестно-иерархическая), по соотношению объектов в ячейках комплекса (равномерное, пропорциональное, неравномерное), по наличию или отсутствию ячеек с пропусками.

14. Дисперсионный анализ и планирование эксперимента. Блочные планы.

**План ответа.** Историческая справка о разработке ДА Р. Фишером. Принцип ДА: разложение общей изменчивости ( дисперсии) на части, связанные с действием факторов, их взаимодействием и случайную внутригрупповую изменчивость. Рандомизированное полноблочное планирование. Ограничения на рандомизацию накладываются для сокращения вариантов опыта (экономия). Латинский и греко- латинский квадраты как примеры ограничений на рандомизацию.

15. Подходы к сравнению средних в дисперсионном анализе. Запланированные и незапланированные сравнения.

**План ответа.** Принцип ДА: разложение общей изменчивости ( дисперсии) на части, связанные с действием факторов, их взаимодействием и случайную внутригрупповую изменчивость. Модель I ДА – для сравнения средних, модель II – для разложения дисперсии на компоненты. Запланированные сравнения и построение контрастов: пример. Незапланированные апостериорные сравнения: пример и известные методы ( наименьшей значимой разности Фишера, метод Тьюки, метод Ньюмена – Кэйлса и др – просто перечислить). Выигрыш в мощности исследования при использовании запланированных сравнений.

16. Корреляционный анализ и условия его применимости. Отличие задач корреляционных и регрессионных техник. Корреляция Пирсона.

**План ответа.** Корреляционный анализ как метод поиска связей между признаками, явлениями. В отличие от регрессии обе переменные рассматриваются как равноценные. Положительная и отрицательная корреляция. Корреляция на графике (облако точек и его форма). Корреляция Пирсона как пара метрический метод: двумерное нормальное распределение и корреляционный эллипс. Линейность связи. Коэффициент корреляции, как мера силы связи.

17. Корреляционный анализ и условия его применимости. Отличие задач корреляционных и регрессионных техник. Корреляция Спирмена и Кендалла.

**План ответа.** Корреляционный анализ как метод поиска связей между признаками, явлениями. В отличие от регрессии обе переменные рассматриваются как равноценные. Положительная и отрицательная корреляция. Корреляция на графике (облако точек и его форма). Ранговая корреляция. Корреляция Спирмена как непараметрический аналог корреляции Пирсона. Корреляция Кендалла как вероятностная мера сходства. Преимущество ранговых корреляций в биологии – нелинейность связи не уходит в ошибку анализа.

18. Корреляционный анализ и условия его применимости. Анализ связей качественных признаков. Коэффициенты ассоциации.

**План ответа.** Корреляционный анализ как метод поиска связей между признаками, явлениями. Корреляция и ассоциация. Таблицы сопряжённости могут использоваться как для задачи сравнения частот, так и для поиска ассоциации между признаками. Коэффициент сопряжённости Пирсона, коэффициент Крамера.

19. Регрессионный анализ и условия его применимости. Отличие задач регрессионных и корреляционных техник.

**План ответа.** История разработки регрессионного анализа и происхождение термина «регрессия». Регрессионный анализ применяется для исследования зависимостей. Важное практическое использование – моделирование зависимостей для прогноза. Данные неравноценные и делятся на предикторы и отклики. Разновидности регрессионного анализа: с двумя переменными и множественная, линейная и нелинейная, модель I и модель II регрессии.

20. Регрессионный анализ и условия его применимости. Отличие задач регрессионных и корреляционных техник. Линейная регрессия для количественных показателей.

**План ответа.** Регрессионный анализ применяется для исследования зависимостей. Важное практическое использование – моделирование зависимостей для прогноза. Данные неравноценные и делятся на предикторы и отклики. Понятие о разновидностях регрессионного анализа: с двумя переменными и множественная, линейная и нелинейная. Линейная регрессия на графике, её параметры (свободный член и коэффициент регрессии) и их смысл, нахождение параметров методом наименьших квадратов. Модель I и модель II регрессии.

21. Регрессионный анализ и условия его применимости. Отличие задач регрессионных и корреляционных техник. Нелинейная регрессия для количественных показателей.

**План ответа.** Регрессионный анализ применяется для исследования зависимостей. Важное практическое использование – моделирование зависимостей для прогноза. Данные неравноценные и делятся на предикторы и отклики. Понятие о разновидностях регрессионного анализа: с двумя переменными и множественная, линейная и нелинейная. Наиболее распространённые виды нелинейных зависимостей: полиномиальная, степенная, показательная, уравнения роста, уравнения кинетики, логистическая кривая.

22. Регрессионный анализ и условия его применимости. Отличие задач регрессионных и корреляционных техник. Понятие о логистической регрессии для качественных показателей.

**План ответа.** Регрессионный анализ применяется для исследования зависимостей. Важное практическое использование – моделирование зависимостей для прогноза. Данные неравноценные и делятся на предикторы и отклики. Понятие о разновидностях регрессионного анализа: с двумя переменными и множественная, линейная и нелинейная. Логистическая кривая и пробит-анализ для моделирования бинарного отклика. График логистической кривой. Широкое применение в биологии и медицине для моделирования бинарных исходов в зависимости от величины количественного предиктора.

23. Множественная корреляция и регрессия. Понятие о частных коэффициентах

корреляции и фиктивных переменных.

**План ответа.** Понятие о множественной корреляции и её задачах, понятие о множественной регрессии и её задачах. Примеры. Использование частных коэффициентов корреляции для устранения влияния сопутствующих переменных. Использование фиктивных переменных для задания качественных предикторов.

24. Многомерные методы разведочного анализа данных. Понятие об ординационных техниках и анализе главных компонент в биологических исследованиях.

**План ответа.** Понятие о многомерных методах анализа и их роли в условиях увеличения доступности данных по большому числу признаков в современной биологии и медицине. Принцип метода главных компонент, почему называется ординационной или проекционной техникой. Линейная комбинация латентных переменных для объяснения многомерной дисперсии. Использование графического критерия «каменистой осыпи» Кэттелла для выявления числа латентных переменных. Понятие о собственных числах как корнях характеристического уравнения и смысл критерия Кайзера.

25. Многомерные методы разведочного анализа данных. Понятие о кластерном анализе биологических исследований.

**План ответа.** Понятие о многомерных методах анализа и их роли в условиях увеличения доступности данных по большому числу признаков в современной биологии и медицине. Кластерный анализ (КА) как метод поиска сходных объектов в многомерном пространстве. КА как метод обучения без учителя. Евклидово пространство и неевклидовы пространства в кластерном анализе. Понятие об агломеративных и дивизивных алгоритмах. Иерархический кластерный анализ и метод К-средних: различие задач. Кластерный анализ на графике – дендрограмма.

26. Современные методы анализа данных. Понятие о технологиях «добычи данных», нейронных сетях и генетических алгоритмах. Понятие о факторном анализе. Модели факторного анализа.

**План ответа.** Понятие о многопеременных техниках анализа и их роли в условиях увеличения доступности данных по большому числу признаков в современной биологии и медицине. Поиск закономерностей в больших массивах данных и технологии Data mining: от простейшего алгоритма «А priori» к сложным проприетарным алгоритмам. Понятие о нейронных сетях (НС), перцептрон как узел нейронной сети, понятие об обучении НС. Преимущества и недостатки НС по сравнению со статистическими техниками. Генетические алгоритмы как реализации закономерностей биологической эволюции для решения математических задач. Факторный анализ как развитие идей анализа главных компонент. От разведочного факторного анализа к моделированию структурных уравнений.

27. Принципы планирования эксперимента исходя из типа данных и задачи исследования. Понятие о рандомизации.

**План ответа.** Классификация признаков в биологии (количественные, порядковые и качественные). Наиболее распространённые задачи в исследовательской практике (описание данных, выборочные сравнения, поиск связей, поиск зависимостей, разведочный анализ данных). До проведения эксперимента необходимо знать какими методами будут получены данные и будут анализироваться. Понятие о процедуре рандомизации для устранения влияния вмешивающихся факторов и объективизации исследования (с пояснениями).

### 3.2.5. Зачетные задачи

**1. В ходе эксперимента оценивалась токсичность проб воды на приборе «Биотестер» с использованием культуры парameций. Показатели токсичности одной пробы в шести последовательных измерениях составили:**

**0,24 0,23 0,28 0,32 0,35 0,39**

**Вычислить среднее и его стандартную ошибку, коэффициент вариации. Чем настораживаются полученные данные? Проведение какого эксперимента необходимо, если подобная картина наблюдается регулярно?**

**Отв.** Среднее  $\pm$  станд. ошибка:  $0,302 \pm 0,00257$  (желательно пояснить по каким правилам проводилось округление). Коэффициент вариации – 20,9%. Данные настораживаются тенденцией увеличения значений в ряду. Возможно: не прогрелся прибор, восприятие токсичности меняется во времени или др. Нужен эксперимент, в ходе которого будет получен более длинный ряд значений. Возможно получится график с выходом на плато. Он поможет найти момент времени, когда в серии последовательных измерений их изменения будут носить случайный характер.

**2. В публикации по интересующей нас тематике приводятся следующие результаты:**

	Число животных	Среднее $\pm$ стандартная ошибка
Контроль	25	$8,72 \pm 0,240$
Опыт	10	$12,51 \pm 0,715$

**Корректно ли анализировал данные автор, применяя обычный  $t$ -критерий Стьюдента? Какими методами еще можно (или нужно было) сравнивать группы.**

**Отв.** Для применения обычного критерия Стьюдента существует два требования: (1) выборки должны быть извлечены из генеральной совокупности с нормальным распределением признака, (2) дисперсии в совокупностях должны быть равными. Требование 1 проверить нельзя в силу недостаточности информации. Проверим требование 2. Для этого:

1) вычислим из величины стандартной ошибки и объема выборки значение стандартного отклонения.

$$m = s / \sqrt{n}; s = m\sqrt{n}$$

$$s_1 = 0,240\sqrt{25} = 1,2; s_2 = 0,715\sqrt{10} = 2,261029$$

2) вычислим выборочные оценки дисперсий возведением стандартного отклонения в квадрат

$$s^2 = 1,2^2 = 1,44; s^2 = 2,261029^2 = 5,11225$$

3) проверим нулевую гипотезу о том, что эти две дисперсии извлечены из генеральных совокупностей с равными дисперсиями, а наблюдаемые различия случайны с использованием критерия Снедекора – Фишера.

$$F = \frac{s_{большая}^2}{s_{меньшая}^2}; F = \frac{5,11225}{1,44} = 3,55. \text{ Рассчитаем соответствующее } p\text{-значение с}$$

помощью прилагаемого файла Excel, рассчитав предварительно степени свободы:

### 3. F-распределение Снедекора - Фишера

$F=$	3,55
$df 1=$	9
$df 2=$	24
$P=$	0,006264

Вывод: выборочные дисперсии различаются статистически значимо: критерий Снедекора – Фишера  $F_{(9; 24)}=3,55$ ;  $P=0,006$ . Значит требование равенства дисперсий не выполняется, применять обычный  $t$ -критерий Стьюдента нельзя, расчёт проведён автором некорректно. Нужно было использовать вариант  $t$ -критерия Стьюдента для неравных дисперсий (подход Уэлча) или непараметрический аналог критерия Стьюдента – критерий Манна – Уитни.

**3. Культуру фибробластов мыши СЗ Н10 Т1/ 2 подвергли рентгеновскому облучению в дозе 8 Гр, выделяли фокусы трансформации, а из них получали клональные линии. Такие линии характеризовались высокой долей клеток с нарушениями числа хромосом (анеуплоидией). Через 2 пассажа отмечалось 30% аномальных клеток из 500 проанализированных. Через 20 пассажей – 28% из 1450 клеток. Следует ли трактовать результаты опыта как тенденцию к возврату культур в нормальное состояние или можно предположить индукцию радиацией нестабильного состояния генома?**

**Ответ.** Составим таблицу сопряжённости  $2 \times 2$ , вычислив предварительно недостающие данные по имеющимся.

30% от 500 равно 150

28% от 1450 равно 406

	Аномальные клетки	Нормальные клетки	Всего
2 пассажа	150	350	500
20 пассажей	406	1044	1450

Нулевая гипотеза  $H_0$ : доля аномальных клеток не изменилась

Альтернативная гипотеза  $H_A$ : доля аномальных клеток изменилась

По результатам проверки  $H_0$  с помощью критерия хи-квадрат Пирсона, установлено, что доля аномальных клеток не изменилась статистически значимо:  $\chi^2_{(1)} = 0,73$ ;  $P=0,393$ . Значит можно предположить индукцию радиацией нестабильного состояния генома.

**4. На март-апрель запланирована серия экспериментов по оценке действия ряда препаратов на показатели иммунитета белых крыс. В январе была проведена отработка методики: у 8 интактных животных был определен бактерицидный индекс сыворотки крови. Эти значения составили:**

97 98 97 96 96 95 90 94.

**В контрольной группе первого проведенного в марте эксперимента индексы были:**

89 96 91 74 78.

**Значения в опыте лишь имеют ли тенденцию к различиям с контролем, поэтому поступило предложение увеличить объем выборки, объединив пробную зимнюю и контрольную весеннюю группы в одну. Можно ли провести такое объединение?**

**От вет.** Объединение можно сделать, если средние значения в январе и марте не различаются статистически значимо (иначе, вероятно, существуют сезонные различия и объединение методологически некорректно). Сравним 2 выборки.

Поскольку животные первой выборки не были никак связаны с животными второй выборки, значит выборки независимые. Мы не уверены в нормальности распределения показателя «бактерицидный индекс сыворотки крови», а проверить нормальность с помощью критериев не позволяет малый объем выборок. Поэтому будем использовать непараметрический критерий. Лучший (наиболее мощный) распространенный непараметрический критерий для сравнения двух независимых выборок – критерий Манна – Уитни. Также поскольку объемы выборок малы желательно использовать точный (exact) вариант критерия.

Установлено, что зимняя и весенняя выборки статистически значимо различаются по величине бактерицидного индекса: критерий Манна – Уитни  $U_{(8; 5)} = 5, 0$ ;  $P_{\text{exact}} = 0, 026$ . Значит объединять наблюдения из этих выборок нельзя.

**5. При аттестации аналитической лаборатории ей были предоставлены контрольные образцы молока с заданным содержанием мышьяка. Эти значения и результаты определения в лаборатории представлены в таблице. Стоит ли, по Вашему мнению, выдавать лаборатории аттестат?**

№ образца	Содержание в образце мышьяка, мкг/л	
	Реально	Определено в лаборатории
1.	0,5	0,0 (не обнаружен)
2.	1,0	1,2
3.	2,0	2,5
4.	5,0	4,5
5.	10,0	10,5
6.	12,5	12,0

**От вет.** Поскольку допустимые погрешности определений не указаны, можно проверить эти два ряда на различия с использованием статистических методов. Эти две выборки являются зависимыми, погрешности определений одинаковы, т. е. можно предположить нормальность распределения ошибки определения. Поэтому используем парный критерий Стьюдента.

Установлено, что определённые в лаборатории значения не отличались статистически значимо от реальных концентраций мышьяка в образцах: парный критерий Стьюдента  $t_{(5)} = 0, 24$ ;  $P = 0, 818$ . Значит определение проведено лабораторией верно, аттестат можно выдать.

## 4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Зачетное задание состоит из теоретического вопроса и двух задач. Первая задача – на расчеты по формуле, вторая – на умение определить подходящую технику анализа данных (например, корреляционная или регрессионная техника, пара метрические методы или непара метрические) и соответственно преобразовать данные (трансформировать, вычислить необходимые величины из представленных в публикации «свернутых» данных и т. п.). В ряде случаев необходимо прокомментировать результаты и спланировать дальнейшее исследование.

#### 4.2. Критерии оценки зачетного задания

Оценка зачетного задания рассчитывается как среднее число баллов, набранных в ходе устного ответа, решения задачи на расчет по формуле и задачи на выбор техники анализа.

##### Распределение оценок в зависимости от количества набранных баллов

Оценка	Незачтено	Зачтено
Набранная сумма баллов ( % выполненных заданий)	Менее 60	60-100

##### 4.2.1 Критерии оценки устного зачетного ответа

Показатели	Баллы			
	Менее 60	60-74	75-86	87-100
Полнота ответа	Нет	Есть частично; наводящие вопросы не отвечает	Есть, отвечает избирательно на наводящие вопросы	Есть, отвечает на наводящие вопросы или таковых не требуется
Структурированность	Нет	Не всегда прослеживается четкость и структурированность	Отв. структурирован, грамотен, обстоятелен	Отв. структурирован, грамотен, обстоятелен
Логика изложения	Отсутствует логика в изложении материала	Не всегда прослеживается логика изложения материала	Корректно и логически стройно его излагает ответ	Корректно и логически стройно его излагает ответ

Ответы на дополнительные вопросы	Нет	Затрудняется с ответами, ответ отличается низкой самостоятельностью	Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, не всегда ответы на дополнительные вопросы отличаются полнотой, структурированностью	Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, ответы на дополнительные вопросы характеризуются полнотой, структурированностью
----------------------------------	-----	---	---	---

#### 4.2.2. Критерии оценки решения задач

Показатели	Баллы			
	Менее 60	60-74	75-86	87-100
Грамотность решения	Не понятно условие задачи, неверно определён тип задачи, задача не решена.	Задача решена некорректно (путаница мер оценки центральной тенденции, выбора параметрического или непараметрического критерия, задачи поиска связи и поиска зависимости, неправильный тип графика и т. п.)	Задача решена корректно, но не полно: нарушен порядок представления данных, нет расчётного обоснования выбора нужного метода (критерия), не сошёлся ответ в результате невнимательного набора данных.	Задача решена верно корректными методами.
Качество оформления	Низкое. Отсутствуют блоки в оформлении задачи (раздел «материал и методы», результаты, график, вывод).	Низкое или хорошее. Имеются критичные недочёты: элементы интерфейса статистической программы в результатах (английский текст, неправильные сокращения), отсутствие	Хорошее. Имеется ряд не критичных недочётов (путаница с заглавными и строчными буквами, число знаков округления результатов, десятичная точка вместо запятой, отсутствие грамотного названия осей на	Высокое. Допустимы 1-2 не критичных недочёта.

		нужных знаков в результатах (плюсы, минусы, скобки, запятые), неподписанные оси на графиках	графиках и т. п.)	
--	--	---	-------------------	--

По результатам выполнения трёх зачетных заданий суммируются баллы

Оценка	Незачтено	Зачтено
Набранная сумма баллов ( % выполненных заданий)	Менее 150	150- 300

**Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:**

- «1 уровень» - ознакомление (иметь общее представление, узнавать);
- «2 уровень» - понимание учебного материала, излагаемого в учебнике, методической разработке или преподавателем;
- «3 уровень» - умение логично, последовательно, достаточно полно и точно излагать изученный материал;
- «4 уровень» - творчески использовать полученные знания.

Для удовлетворительной (положительной) оценки знаний требуется минимум 3-й уровень усвоения учебного материала.

**06.03.01 Направление подготовки Биология, направленность  
Микробиология, Гистология и гистологическая техника, Биоэкология,  
Генетика, Биофизика, ФОС РПД Основы биометрического анализа и  
планирование эксперимента, очная форма обучения  
Фонд оценочных средств дисциплины (модуля) одобрен и рекомендован:**

Проректор по учебной работе      утверждено 24.02.2025      А.А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Председатель Ученого совета

биологического факультета      согласовано      Д.С. Сташкевич

**Заседанием кафедры микробиологии, иммунологии и общей биологии**

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Заведующий кафедрой      согласовано      А. Л. Бурмистрова

Автор (составитель)      Д.Ю. Нохрин

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ  
ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1**