

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВА-  
ТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИ-  
ВЕРСИТЕТ**

**ФАКУЛЬТЕТ АГРОНОМИИ И ЭКОЛОГИИ**

**Кафедра «Экология, почвоведение и агрохимия»**

**МЕТОДЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
(учебно-методическая разработка)**

**Благовещенск, 2013 г.**

УДК 631.4

Методы почвенных исследований: учебно-метод. разработка / сост. В.Ф. Прокопчук - Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2013. – 28 с.

Учебно-методическая разработка по дисциплине «Методы почвенных исследований» предназначена для студентов агрономического направления.

Методическая разработка содержит индивидуальные расчетные задания по обработке и использованию результатов почвенных исследований и методику их выполнения.

Рецензенты: Куркова И.В., к. с.-х. н., доцент

© Издательство ДальГАУ 2013

Рекомендовано к изданию методическим советом факультета агрономии и экологии Дальневосточного государственного аграрного университета, протокол №9 от 17.06.2013 г.

# 1 АНАЛИЗ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

## 1.1 Расчетное задание по теме 1

### Вариант 1

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

8,2; 8,8; 8,0; 13,1; 9,3; 10,3; 7,7; 9,1; 9,5; 10,9;  
10,8; 9,4; 10,4; 7,5; 6,1; 14,9; 13,7; 12,8; 12,3; 10,2.

### Вариант 2

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

21,2; 21,6; 18,6; 12,7; 10,4; 11,8; 19,2; 19,8; 12,7; 17,1;  
19,4; 12,7; 15,4; 13,6; 13,3; 15,0; 18,6; 12,4; 12,3; 13,0.

### Вариант 3

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

9,6; 11,4; 13,7; 9,1; 7,1; 11,2; 8,9; 12,2; 8,4; 10,8;  
9,5; 16,5; 7,4; 12,5; 9,7; 8,7; 8,5; 11,6; 9,4; 10,5.

### Вариант 4

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

8,7; 8,3; 11,9; 11,2; 10,9; 10,5; 10,2; 12,5; 14,0; 13,4;  
12,7; 10,6; 11,7; 14,1; 9,1; 9,7; 8,9; 9,4; 12,0; 10,2.

### Вариант 5

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

9,7; 8,3; 7,7; 12,2; 13,0; 12,3; 9,5; 8,2; 10,0; 11,3;

9,3; 8,0; 6,7; 9,5; 13,7; 15,0; 8,8; 7,9; 7,9; 10,0.

#### Вариант 6

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднетяжелая глинистая:

10,1; 8,6; 9,7; 9,1; 7,5; 7,1; 9,6; 10,0; 9,6; 8,7;  
13,1; 12,3; 8,6; 11,6; 9,9; 10,6; 15,8; 7,9; 8,8; 13,9.

#### Вариант 7

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднетяжелая глинистая:

7,7; 9,5; 5,7; 7,1; 11,4; 7,7; 6,9; 11,6; 9,2; 7,3;  
10,2; 7,0; 7,8; 8,8; 8,7; 13,9; 8,4; 12,1; 8,7; 9,2.

#### Вариант 8

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднетяжелая глинистая:

8,7; 10,1; 8,3; 10,3; 9,8; 9,3; 7,5; 8,6; 11,8; 10,4;  
7,64 6,2; 7,8; 5,8; 6,7; 6,0; 6,8; 8,7; 6,8; 6,8.

#### Вариант 9

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднетяжелая глинистая:

5,7; 5,6; 7,0; 5,6; 5,8; 5,7; 6,0; 5,4; 7,0; 8,6;  
7,9; 8,3; 9,4; 7,5; 12,8; 11,1; 12,2; 13,4; 11,0; 9,8.

#### Вариант 10

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднетяжелая глинистая:

10,1; 8,7; 9,2; 10,8; 9,7; 10,0; 11,0; 9,5; 10,4; 10,1;  
10,0; 10,3; 10,9; 9,9; 9,4; 10,5; 11,6; 13,4; 10,6; 9,8.

#### Вариант 11

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

7,8; 9,5; 10,2; 10,2; 12,9; 11,8; 10,8; 10,4; 10,8; 12,0;  
9,0; 8,0; 8,1; 8,0; 9,5; 8,7; 10,8; 11,9; 9,3; 9,2.

#### Вариант 12

Рассчитать:  $x$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $x \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

11,4; 14,9; 9,9; 10,0; 9,4; 10,1; 9,5; 9,3; 11,2; 12,6;  
9,7; 11,1; 10,1; 9,3; 13,2; 12,3; 13,3; 12,3; 13,5; 10,9.

#### Вариант 13

Рассчитать:  $x$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $x \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

11,5; 9,2; 9,0; 10,1; 10,8; 11,0; 10,5; 11,3; 13,5; 10,4  
11,5; 10,2; 10,6; 11,0; 9,6; 10,8; 14,9; 12,5; 12,2; 11,8.

#### Вариант 14

Рассчитать:  $x$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $x \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

12,7; 14,2; 11,2; 11,1; 11,4; 10,7; 13,9; 11,9; 13,3; 10,7;  
14,5; 14,8; 11,5; 10,1; 11,1; 11,0; 12,1; 12,6; 10,4; 9,1.

#### Вариант 15

Рассчитать:  $x$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $x \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

12,8; 11,7; 8,9; 9,0; 9,2; 11,9; 7,8; 7,4; 8,0; 9,4;  
11,9; 9,3; 10,4; 10,1; 12,9; 12,6; 11,5; 13,0; 10,8; 10,9.

#### Вариант 16

Рассчитать:  $x$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $x \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

9,9; 9,3; 8,8; 12,4; 9,2; 8,9; 10,8; 13,2; 11,9; 11,2;

10,6; 10,2; 9,5; 9,7; 9,2; 8,4; 9,4; 9,7; 10,2; 13,5.

#### Вариант 17

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

14,1; 9,8; 14,4; 11,5; 10,7; 12,0; 8,2; 9,6; 9,3; 8,5;  
10,4; 14,7; 11,2; 13,5; 14,1; 10,8; 11,6; 11,0; 10,9; 12,3.

#### Вариант 18

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

10,2; 10,5; 9,3; 8,8; 11,4; 10,7; 9,8; 10,9; 11,2; 9,7;  
9,6; 10,6; 9,4; 7,6; 8,0; 8,3; 9,7; 8,9; 7,5; 7,8.

#### Вариант 19

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

4,8; 4,1; 8,0; 6,8; 7,3; 8,5; 5,3; 5,2; 7,8; 6,1;  
6,1; 5,2; 5,9; 6,3; 6,0; 5,2; 5,2; 4,8; 6,4; 5,6.

#### Вариант 20

Рассчитать:  $\bar{x}$ ,  $s^2$ ,  $s$ ,  $V$ ,  $s_x$ ,  $s_x\%$ ,  $\bar{x} \pm t s_x$  мг/кг почвы

Содержание нитратов в почве пахотного слоя осенью 1989 г, почва лугово-бурая черноземовидная среднесиловая глинистая:

16,8; 10,3; 10,5; 16,0; 11,7; 12,0; 11,2; 9,5; 9,4; 10,0  
10,9; 11,3; 10,2; 13,4; 9,8; 11,5; 9,8; 9,7; 8,8; 10,2.

### **1.2 Вычисление статистических характеристик выборки при количественной изменчивости признака**

К количественным относятся признаки, которые могут быть охарактеризованы количественно – концентрация какого либо элемента или соединения, содержание новообразований и включений и т.д. Различают два вида количественной изменчивости: непрерывную и прерывистую или дискретную.

Значения непрерывных признаков выражены мерами объема, длины, массы, концентрации и т.д. При дискретной изменчивости различия между единицами наблюдения выражаются целыми числами, между которыми нет и не может быть переходов, например количество личинок на квадратный метр и т.д.

Выборки, состоящие из 20-30 единиц наблюдения, называют малыми, а выборки большего объема – большими.

После изучения выборочная совокупность представляет собой ряд варьирующих значений признака, записанных в той последовательности, в какой они были получены. Статистические характеристики вычисляются по формулам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 – Формулы для вычисления статистических характеристик выборки при количественной изменчивости

Показатель	Формула для малой выборки	Точность расчета
Средняя арифметическая	$\bar{x} = \sum x : n$	с точностью значений признака в выборке
Степень свободы	$n - 1$	целое число
Дисперсия	$s^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 : n}{n - 1}$	до 0,001
Стандартное отклонение	$s = \sqrt{s^2}$	до 0,001
Коэффициент вариации	$V = \frac{s}{\bar{x}} 100$	целое число
Ошибка средней	$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$	с точностью значений признака в выборке
Относительная ошибка средней	$s_{\bar{x}} \% = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100$	до 0,1
Доверительный интервал для среднего значения	$\bar{x} \pm t s_{\bar{x}}$	с точностью значений признака в выборке

Значение критерия «t» берут из Б.А. Доспехова (1982). Для 19 степеней свободы, как в предложенных заданиях,  $t = 2,09$

## 2 КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ И РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗЫ

### 2.1 Расчетные задания по теме 2

#### Вариант 1

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов и общего азота в растениях пшеницы в фазе кущения.

N-NO <sub>3</sub> , мг/кг массы (x)	295	708	724	776	776	468	617	631	741	676
Нобщ., % (y)	4,16	4,74	4,76	4,45	4,19	3,77	4,62	4,55	4,46	4,76

#### Вариант 2

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов и общего азота в растениях пшеницы в фазе кущения

N-NO <sub>3</sub> , мг/кг массы (x)	912	912	398	525	589	135	427	468	457	380
Нобщ., % (y)	4,61	4,96	3,73	4,37	4,37	4,24	4,92	4,91	4,99	4,75

#### Вариант 3

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов и общего азота в растениях пшеницы в фазе кущения

N-NO <sub>3</sub> , мг/кг массы (x)	170	347	407	447	501	490	501	155	398	427
Нобщ., % (y)	4,03	4,57	4,71	4,92	4,94	5,11	5,25	4,08	4,84	4,86

#### Вариант 4

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов и общего азота в растениях пшеницы в фазе трубкования

N-NO <sub>3</sub> , мг/кг массы (x)	158	324	617	537	631	200	380	436	537	661
Нобщ., % (y)	2,01	2,40	2,58	2,64	2,15	2,11	2,46	2,73	2,81	2,91

#### Вариант 5

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов и общего азота в растениях пшеницы в фазе трубкования

N-NO <sub>3</sub> , мг/кг массы (x)	62	347	479	589	513	158	468	537	513	525
Нобщ., % (y)	1,91	2,56	2,38	2,93	3,01	2,16	2,55	2,97	3,23	2,83

#### Вариант 6

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырых и воздушно сухих образцах пшеницы в фазе трубкования

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг массы									
Сырой (x)	98	132	105	54	107	69	47	96	118	158
Сухой (y)	118	148	154	103	70	66	78	101	116	160

#### Вариант 7

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырой и воздушно сухой почве.

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы									
сырая почва (x)	5,8	9,7	16,5	4,1	7,0	10,5	11,6	4,6	6,3	12,7
сухая почва (y)	6,8	10,5	18,6	5,5	9,3	11,2	13,8	5,5	9,3	14,1

#### Вариант 8

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырой и воздушно сухой почве.

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы									
сырая почва (x)	15,7	8,2	6,5	5,9	7,9	5,1	7,1	9,3	10,7	3,2
сухая почва (y)	14,8	8,7	6,3	7,1	6,2	6,0	7,8	11,0	12,6	4,4

#### Вариант 9

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырой и воздушно сухой почве.

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы									
сырая почва (x)	4,0	17,2	15,7	2,6	5,6	32,0	23,7	2,6	7,2	7,8

сухая почва (y)	4,0	22,4	16,6	4,0	5,8	33,1	24,0	2,9	5,8	8,9
-----------------	-----	------	------	-----	-----	------	------	-----	-----	-----

#### Вариант 10

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырых и воздушно сухих растительных образцах пшеницы в фазе трубкования

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг сырой массы									
Сырой (x)	178	155	40	158	135	166	85	31	37	32
Сухой (y)	232	261	70	179	187	220	93	45	71	44

#### Вариант 11

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырых и воздушно сухих образцах пшеницы в фазе трубкования

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы									
Сырой (x)	81	100	155	141	59	85	178	158	47	91
Сухой (y)	85	130	194	189	97	132	260	296	67	128

#### Вариант 12

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырых и воздушно сухих образцах пшеницы в фазе кущения

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг массы									
Сырой (x)	676	776	724	245	676	602	724	240	417	295
Сухой (y)	916	1023	1123	445	1039	836	1024	558	793	439

#### Вариант 13

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырых и воздушно сухих образцах пшеницы в фазе цветения

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг сырой массы									
Сырой (x)	363	51	66	115	45	49	30	41	45	302
Сухой (y)	519	109	112	146	91	90	65	67	75	563

#### Вариант 14

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырых и воздушно сухих образцах ячменя в фазе кущения

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг сырой массы									
	Сырой (x)	295	224	355	302	501	513	851	68	219
Сухой (y)	439	468	506	439	552	692	1030	158	333	466

#### Вариант 15

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырой и воздушно сухой почве.

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы									
	сырая почва (x)	11,7	9,8	7,4	8,3	9,1	7,8	5,5	6,0	4,1
сухая почва (y)	11,0	9,6	8,0	9,0	9,2	10,2	8,4	12,2	6,4	5,0

#### Вариант 16

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырой и воздушно сухой почве.

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы									
	сырая почва (x)	6,0	3,3	5,0	4,3	14,8	7,1	10,2	11,7	9,3
сухая почва (y)	5,3	4,2	3,6	3,9	16,6	8,2	10,8	12,8	9,2	9,6

#### Вариант 17

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырой и воздушно сухой почве.

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы									
	сырая почва (x)	34,7	26,9	32,4	24,5	21,4	9,1	14,5	10,2	20,0
сухая почва (y)	32,6	25,1	29,9	23,1	18,8	8,6	14,5	11,3	18,3	10,7

### Вариант 18

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырой и воздушно сухой почве.

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы									
	сырая почва (x)	36,3	31,6	28,2	11,7	26,9	21,4	52,5	26,9	14,5
сухая почва (y)	27,5	18,4	20,7	10,6	31,0	22,7	46,1	27,5	14,9	18,7

### Вариант 19

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырой и воздушно сухой почве.

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы									
	сырая почва (x)	31,6	21,4	25,1	20,0	12,9	33,1	13,5	14,1	31,6
сухая почва (y)	28,9	19,3	20,0	17,0	10,9	25,7	11,7	12,0	24,5	19,3

### Вариант 20

Провести корреляционный и регрессионный анализ данных определения содержания нитратов в сырой и воздушно сухой почве.

Состояние образца	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы									
	сырая почва (x)	24,8	42,1	56,8	22,6	35,0	35,0	47,5	18,0	59,5
сухая почва (y)	24,6	41,7	57,5	22,4	29,5	34,7	41,7	15,5	61,7	66,1

## 2.2 Расчет показателей линейной парной корреляции и уравнения регрессии

При изучении корреляционной зависимости между X и Y проводят пар наблюдений и по полученным данным вычисляют коэффициент корреляции выборки и уравнение регрессии. Результаты исследования изображают графически в виде теоретической линии регрессии.

Порядок вычислений следующий, исходные данные заносят в таблицу 2 и записывают в нее значения  $x^2$ ,  $y^2$  и  $xy$ .

Таблица 2 – Расчет вспомогательных величин для вычисления корреляции и регрессии Y по X

Номер пары	Значение признаков		$x^2$	$y^2$	$xy$
	X	Y			
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Сумма	$\sum x$	$\sum y$	$\sum x^2$	$\sum y^2$	$\sum xy$

Затем, вычисляют суммы: число пар ( $n$ );  $\sum x$ ;  $\sum y$ ;  $\sum x^2$ ;  $\sum y^2$  и  $\sum xy$ , записывая их в таблицу. Полученные значения подставляют в формулы.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad [1]$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \quad [2]$$

$$\sum (X - \bar{x})^2 = \sum X^2 - (\sum X)^2 : n \quad [3]$$

$$\sum (Y - \bar{y})^2 = \sum Y^2 - (\sum Y)^2 : n \quad [4]$$

$$\sum (X - \bar{x}) (Y - \bar{y}) = \sum XY - (\sum X \sum Y) \quad [5]$$

Далее производят расчет коэффициента корреляции и уравнения регрессии.

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x}) (Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \times \sum (Y - \bar{y})^2}} \quad \text{или} \quad r = \frac{[5]}{\sqrt{[3][4]}} [6]$$

$$b_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{x}) (Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2} \quad \text{или} \quad b_{yx} = \frac{[5]}{[3]} \quad [7]$$

$$Y = \bar{y} + b_{yx} (X - \bar{x}) \quad [8]$$

Вычисляют ошибки, критерий значимости и доверительные интервалы.

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} \quad [9]$$

$$S_b = \frac{\sum(Y - \bar{y})^2}{\sum(X - \bar{x})^2} \quad \text{или} \quad S_b = \frac{[4]}{[3]} \quad [10]$$

$$S_{yx} = S_r \sqrt{\sum(Y - \bar{y})^2} \quad \text{или} \quad S_{yx} = [9] \sqrt{[4]} \quad [11]$$

Выбрав масштаб для величин X и Y строят график, наносят на него все 10 точек фактических характеристик рассматриваемых признаков. Затем задают произвольные значения величине X ( $x_1$  и  $x_2$ ), рассчитывают по формуле 8, значение величин Y ( $y_1$  и  $y_2$ ). По полученным двум расчетным точкам проводят прямую линию, а параллельно ей на расстоянии, равном  $S_{yx}$ , в масштабе Y, проводят пунктирной линией доверительный интервал теоретической линии корреляции.

Результаты корреляционного и регрессионного анализов проверяют на ПК в программе Excel.

### 3 РАСЧЕТА БАЛАНСА ГУМУСА И КАЛЬЦИЯ В АГРОЦЕНОЗАХ

#### 3.1 Задания для расчета баланса гумуса и кальция

##### Вариант 1

- Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если
- $pH_{КС1}$  5,5
  - содержание гумуса 3,5%
  - почва тяжелосуглинистая
  - яровая пшеница с урожайностью 2,5 т/га
  - внесено под культуру N60P60.

##### Вариант 2

- Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если
- $pH_{КС1}$  5,5
  - содержание гумуса 4,5%
  - почва глинистая
  - соя с урожайностью 2,0 т/га
  - внесено под культуру P60 + солома ячменя 2 т/га

### Вариант 3

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{КС1}$  5,0
- содержание гумуса 4,0%
- почва среднесуглинистая
- картофель с урожайностью 20 т/га
- внесено под культуру N60P60K60+навоз 20т/га.

### Вариант 4

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{КС1}$  5,5
- содержание гумуса 4,5%
- почва среднесуглинистая
- кукуруза на силос с урожайностью 2,5 т/га
- внесено под культуру N90P60K60+ 30 т навоза.

### Вариант 5

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{КС1}$  5,0
- содержание гумуса 5,0%
- почва глинистая
- овес с урожайностью 3,5 т/га
- внесено под культуру N60P30.

### Вариант 6

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{КС1}$  4,5
- содержание гумуса 2,5%
- почва легкосуглинистая
- многолетние травы с урожайностью 4,2 т/га
- внесено под культуру N60P60.

### Вариант 7

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{КС1}$  5,5
- содержание гумуса 6,5%
- почва глинистая
- ячмень с урожайностью 3,0 т/га
- внесено под культуру N90P30.

### Вариант 8

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{КС1}$  5,0
- содержание гумуса 4,5%

- почва тяжелосуглинистая
- соя с урожайностью 1,5 т/га
- внесено под культуру Р60.

#### Вариант 9

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{KCl}$  5,0
- содержание гумуса 4,5%
- почва тяжелосуглинистая
- яровая пшеница с урожайностью 2,0 т/га
- внесено под культуру N60P60.

#### Вариант 10

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{KCl}$  5,2
- содержание гумуса 6,5%
- почва глинистая
- соя с урожайностью 2,5 т/га
- внесено под культуру Р60 + солома пшеницы 2 т/га.

#### Вариант 11

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{KCl}$  5,5
- содержание гумуса 4,5%
- почва среднесуглинистая
- однолетние травы с урожайностью 3,5 т/га
- внесено под культуру N60P60.

#### Вариант 12

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{KCl}$  4,5
- содержание гумуса 3,0%
- почва среднесуглинистая
- овес с урожайностью 2,5 т/га
- внесено под культуру N30P30.

#### Вариант 13

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- $pH_{KCl}$  5,0
- содержание гумуса 5,0%
- почва легкосуглинистая
- картофель с урожайностью 25 т/га
- внесено под культуру N90P90 + навоз 20 т/га.

#### Вариант 14

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- рН<sub>КС1</sub> 4,3
- содержание гумуса 6,5%
- почва тяжелосуглинистая
- кукуруза на силос с урожайностью 40 т/га
- внесено под культуру N90P90K60 + навоз 30 т/га.

#### Вариант 15

Рассчитать баланс гумуса, кальция, азота, фосфора и калия в почве (кг/га), если

- рН<sub>КС1</sub> 5,5
- содержание гумуса 3,5%
- почва тяжелосуглинистая
- многолетние травы с урожайностью 2,5 т/га
- внесено под культуру N60P60.

#### Вариант 16

Рассчитать баланс гумуса и кальция в почве (кг/га), если

- рН<sub>КС1</sub> 6,0
- содержание гумуса 2,5%
- почва легкосуглинистая
- овес с урожайностью 2,5 т/га
- внесено под культуру N60P30.

### 3.2 Расчет баланса гумуса в почве

Баланс гумуса – соотношение между расходом гумуса и его восполнением. Основными статьями прихода гумуса являются гумификация корневых и пожнивных остатков растений и вносимые органические удобрения. Основные статьи расхода гумуса – минерализация и потери в результате эрозии.

#### Приходные статьи баланса

##### *1. Гумификация корневых и пожнивных остатков*

Количество корневых и пожнивных остатков зависит от культуры и урожайности. Количество образующегося гумуса зависит от их количества и степени гумификации. Оно рассчитывается по формуле:

$$Q_1 = U \times K_p \times K_g, \quad [12]$$

где U – урожай культуры, т/га;

K<sub>p</sub> – коэффициент накопления корневых и пожнивных остатков

относительно урожая культуры (приложение 1);

$K_g$  – коэффициент гумификации остатков (приложение 2).

### *2. Гумификация органических удобрений*

Органические удобрения повышают урожай, а, следовательно, и количество корневых и пожнивных остатков. Часть органического вещества гумифицируется и непосредственно участвует в образовании гумуса. Коэффициент гумификации стандартного подстилочного навоза КРС для почв среднего и тяжелого гранулометрического состава 0,25, для легких почв – 0,17. Другие виды органических удобрений пересчитываются в стандартный навоз (приложение 3).

$$Q_2 = D \times C_n \times k_{gn} \times k_{cn} / 100, \quad [13]$$

где  $D$  – доза органического удобрения, т/га

$C_n$  – содержание органического вещества в органическом удобрении, %

$k_{gn}$  – коэффициент гумификации навоза;

$k_{cn}$  – поправочный коэффициент на % сухого вещества в навозе (приложение 4).

*3. Общий приход гумуса за счет гумификации корневых и пожнивных остатков и вносимых органических удобрений*

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad [14]$$

### **Расходные статьи баланса**

#### *1. Минерализация гумуса*

Размер минерализации гумуса определяется общим количеством гумуса в пахотном слое, степенью его устойчивости при той или иной системе обработки почв, климатическими условиями.

$$V_1, \text{ кг/га} = G \times H \times D \times k_m \times k_k \times 1000 \quad [15]$$

где  $G$  – содержание гумуса в почве, %;

$H$  – глубина пахотного слоя, см;

$D$  – объемная масса почвы, г/см<sup>3</sup>;

$k_m$  – коэффициент минерализации гумуса (приложение 5);

$k_k$  – относительный индекс биологической продуктивности (приложение 6);

1000 – пересчет в кг.

### 2. Потери гумуса от эрозии

Интенсивность водной эрозии пахотных почв оценивается по количеству смываемого мелкозема. Она зависит от крутизны склона, гранулометрического состава почвы и технологии возделывания культур. Градации интенсивности эрозии по М.Н. Заславскому приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка ускоренной плоскостной эрозии

Смыв почвы и условия ему сопутствующие	Среднегодовой смыв, т/га в год
Незначительный смыв, уклон менее 1°, тяжелый гранулометрический состав	0,5
Слабый, уклон 1-3°, тяжелый гранулометрический состав	0,5-1,0
Средний, уклон 3-5°, средний суглинок	1,0-5
Сильный, уклон более 5°, средний и легкий суглинок	5-10
Очень сильный, уклон более 5°, супесь	более 10

Кроме того, интенсивность смыва зависит от способа обработки почвы (отвальная или безотвальная вспашка), от обработок почвы в период вегетации культуры (культивации, боронование), от проективного покрытия поверхности (сплошной посев, широкорядный, многолетние травы и т.д.). Максимальный смыв происходит в паровом поле и под культурами широкорядного посева с культивациями (кукуруза, овощные), а минимальный – под многолетними травами.

Расчет потерь производится по следующей формуле:

$$V_2, \text{ кг/га} = G \times F \times 10, \quad [16]$$

где  $G$  – содержание гумуса в почве, %;

$F$  – годовой смыв в зависимости от условий, т/га;

10 – пересчет в кг/га.

### 3. Общий расход гумуса

$$V = V_1 + V_2 \quad [17]$$

## Баланс гумуса

$$B, \text{ кг/га} = Q - V \quad [18]$$

Если баланс отрицательный, необходимо предложить технологические приемы для снижения его потерь.

### 3.3 Расчет баланса кальция

Расчет баланса кальция (кальция и магния) дает возможность управлять процессом сохранения оптимального диапазона рН.

Приходными статьями кальция и магния являются внесение этих элементов с известковыми материалами, фосфоритной мукой, навозом (приложение 7). Основными расходными статьями баланса являются вынос кальция и магния урожаем (приложение 8) и вымывание инфильтрационными водами. Величина потерь кальция и магния вследствие вымывания зависит от характера увлажнения (приложение 9), ее гранулометрического состава (приложение 10), кислотности (приложение 11).

Под растущими растениями сплошного сева вымывание меньше, чем под пропашными или паром. Если принять потери под культурами сплошного сева за единицу, то под пропашными они составят примерно 1,4, под паром – 1,8, а под многолетними травами – 0,75.

Азотные удобрения увеличивают вымывание кальция на 2,1 кг  $\text{CaCO}_3$  на каждый килограмм азота, фосфорные – на 0,3 кг  $\text{CaCO}_3$  – на каждый килограмм фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

#### Приходные статьи баланса

*1. Приход  $\text{CaCO}_3$  с известковыми материалами (кг  $\text{CaCO}_3/\text{га}$ )*

$$Q_1 = (I \times c_1 + I \times c_2 \times 1,1) \times 1000, \quad [19]$$

где  $I$  – доза известкового материала, т/га;

$c_1$  – содержание  $\text{CaCO}_3$  в известковом материале, %;

$c_2$  – содержание  $\text{MgCO}_3$  в известковом материале, %;

1,1 – коэффициент для приведения результатов по  $MgCO_3$  в  $CaCO_3$ .

2. Приход с органическими удобрениями (кг  $CaCO_3/га$ )

$$Q_2 = O \times c_3 \times k, \quad [20]$$

где  $O$  – доза органического удобрения в физическом весе, т/га

$c_3$  – среднее содержание  $CaCO_3$  в 1 т органического удобрения, кг

$k$  – поправочный коэффициент на содержание веществ в навозе.

3. Приход  $CaCO_3$  с фосфорными удобрениями (кг  $CaCO_3/га$ )

$$Q_3 = P \times c_4, \quad [21]$$

где  $P$  – доза фосфорного удобрения в кг  $P_2O_5/га$ ;

$c_4$  – содержание  $CaCO_3$  в 1 кг фосфорных удобрений по нейтрализующей способности (на 1 кг  $P_2O_5$ ), кг:  $P_c$  – 2,1;  $P_{сд}$  – 0,7;  $P_f$  – 1,16.

4. Суммарное поступление  $CaCO_3$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad [22]$$

#### **Расходные статьи баланса**

1. Вынос кальция и магния урожаем сельскохозяйственных культур (кг  $CaCO_3/га$ )

$$V_1 = W \times w_1, \quad [23]$$

где  $W$  – урожайность сельскохозяйственной культуры, т/га;

$w_1$  – норматив выноса кальция и магния 1 т урожая, кг  $CaCO_3/га$ .

2. Вымывание кальция и магния (кг  $CaCO_3/га$ )

$$V_2 = v_z \times k_1 \times k_2 + k_3, \quad [24]$$

где  $v_z$  – зональный норматив вымывания кальция и магния из почвы, кг  $CaCO_3/га$  (приложение 9);

$k_1$  – поправочный коэффициент на зависимость вымывания кальция и магния от pH (приложение 10);

$k_2$  – поправочный коэффициент на зависимость вымывания кальция и магния от гранулометрического состава почвы (приложение 11);

$k_3$  – дополнительное вымывание кальция в зависимости от дозы азотных удобрений: увеличение доз азота свыше 30 кг/га приводит к дополни-

тельному вымыванию кальция в количестве 2,1 кг CaCO<sub>3</sub> на каждый кг N, при дозе 30 кг N/га и меньше – вымывания нет.

3. Суммарные потери кальция и магния (кг CaCO<sub>3</sub>)

$$V = V_1 + V_2. \quad [25]$$

**Баланс кальция**

$$B = Q - V \quad [26]$$

Если баланс отрицательный, необходимо предложить технологические приемы для снижения потерь кальция и магния из почвы или восполнения его известкованием.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев, Е.А. Математическая статистика в почвоведении/ Е.А. Дмитриев. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 292 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта/ Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
3. Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция/ В.Г. Сычев, П.Д. Музыкантов, Н.К. Панкова. – М.: Изд-во ЦИНАО, 2000. – 40 с.
4. Принципы организации и методы стационарного изучения почв/ под ред. А.А. Роде. – М.: Наука, 1976. – 414 с.
5. Ваулин, А.В. Определение достоверности средних многолетних показателей краткосрочных полевых опытов при обработке результатов исследований методом дисперсионного анализа/ А.В. Ваулин. – Агрохимия, 1998. - №12. – С. 71-75
6. Орлов, Д.С. Практикум по химии гумуса/ Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 272 с.
7. Орлов, Д.С. Органическое вещество почв Российской Федерации/ Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, Н.И. Суханова. – М.: Наука, 1996. – 254 с.
8. Хмелинский, Р.А. Современные методы исследования агрономических объектов: Учебное пособие для вузов/ Р.А. Хмельницкий. – М.: высшая школа, 1981. – 256 с.
9. Яшин, И.М. Почвенно-экологические исследования в ландшафтах/ И.М. Яшин, Л.А. Шишов, В.А. Раскатов. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 560 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

Коэффициенты выхода корневых и пожнивных остатков относительно урожая основной продукции культуры (Кр)

Культура	Урожай т/га	Кр	Культура	Урожай т/га	Кр
Озимая пшеница	1,0	1,8	Картофель	10,0	0,17
	2,0	1,5		20,0	0,14
	3,0	1,3		30,0	0,10
Яровая пшеница	1,0	1,6	Кукуруза на силос	10,0	0,27
	2,0	1,4		20,0	0,21
	3,0	1,2		30,0	0,17
Ячмень	1,0	1,6	Кормовые корне- плоды	10,0	0,12
	2,0	1,3		20,0	0,09
	3,0	1,2		30,0	0,08
Кукуруза на зерно	1,0	1,8	Однолетние травы на сено	1,0	2,2
	2,0	1,5		2,5	1,5
	3,0	1,3		4,0	1,2
Зернобобовые	1,0	1,4	Многолетние травы на сено	1,0	2,8
	2,0	1,3		3,0	1,9
	3,0	1,2		6,0	1,7

### Приложение 2

Коэффициенты гумификации корневых и пожнивных остатков (Kg)

Культура, группа культур	Kg
Зерновые, зернобобовые	0,18
Картофель, овощи, кормовые корнеплоды	0,06
Кукуруза на силос	0,12
Травы однолетние на сено	0,18
Травы многолетние на сено	0,25

Приложение 3

Пересчет видов органических удобрений в стандартный подстилочный навоз КРС по содержанию органического вещества

Вид органического удобрения	Содержание органического вещества, %	Коэффициенты пересчета
Навоз КРС подстилочный	21	1,0
Навоз КРС полужидкий	13	0,6
Навоз КРС жидкий	4	0,2
Навоз свиной подстилочный	24	1,15
Птичий помет подстилочный	54	2,5
Сапропель	16	0,8
Осадки сточных вод	17	0,8
Солома зерновых культур	76	3,5
Солома бобовых культур	76	3,5

Приложение 4

Поправочный коэффициент на содержание сухого вещества в навозе в зависимости от региональных особенностей (K<sub>сн</sub>)

Регионы	K <sub>сн</sub>
Северный	0,92
Северо-Западный	0,92
Центральный	1,0
Волго-Вятский	0,86
Центрально-Черноземный	1,34
Северо-Кавказский	1,98
Уральский	1,80
Западно-Сибирский	1,36
Восточно-Сибирский	1,36
Дальневосточный	1,48

Приложение 5

Коэффициент минерализации гумуса (K<sub>m</sub>)

Группа культур по интенсивности обработки	Почвы		
	Дерново-подзолистые, светло-серые лесные	Темно-серые лесные, черноземы оподзоленные, черноземовидные	Черноземы выщелоченные и типичные
Травы многолетние	0,0067	0,0037	0,0032
Зерновые	0,0110	0,0060	0,0052
Пропашные	0,0260	0,0125	0,0108
Чистые пары	0,0310	0,162	0,140

Приложение 6

Относительный индекс биологической продуктивности ( $k_k$ )

Регион	$k_k$
Северный	0,74
Северо-Западный	0,93
Центральный	1,065
Волго-Вятский	0,93
Центрально-Черноземный	1,16
Северо-Кавказский	1,30
Уральский	0,93
Западно-Сибирский	0,88
Восточно-Сибирский	0,74
Дальневосточный	0,93

Приложение 7

Содержание  $\text{CaCO}_3$  в известковых материалах, органических и минеральных удобрениях (средняя нейтрализующая способность)

Известковый материал, удобрение	$\text{CaCO}_3$	Известковый материал, удобрение	$\text{CaCO}_3$
Мука известковая пылевидная	85-93	Фосфоритная мука	22
Мука доломитовая	98-100	Органические удобрения в среднем	0,70
Туф известковый	80	Бесподстилочный навоз КРС (сырое вещество)	0,53
Мергель	50	Навоз свиной	0,65
Цементная пыль	60	Птичий помет	2,55
Сланцевая зола	60	Торф с pH более 6,0	3

Приложение 8

Средний вынос суммы кальция и магния урожаем сельскохозяйственных культур, кг CaCO<sub>3</sub>/т

Культура	CaCO <sub>3</sub> *
Озимая пшеница	17,0
Яровая пшеница	14,9
Яровой ячмень	15,2
Овес	18,3
Гречиха	28,1
Горох	43,4
Картофель	1,7
Кормовые корнеплоды	1,7
Многолетние травы (сено)	41,9
Однолетние травы (сено)	42,6
Луговые бобово-злаковые травы (сено)	29,2
Капуста	2,3
Морковь	4,1

Примечание: \* - на почвах с pH более 5,5 вынос кальция и магния урожаем увеличивается на 20%, на почвах с pH менее 4,5 – уменьшается на 20%.

Приложение 9

Зависимость вымывания кальция и магния от коэффициента увлажнения

Коэффициент увлажнения	Вымывание кальция и магния, кг CaCO <sub>3</sub> /га
0,7	0
0,8	50
0,9	100
1,0	150
1,1	200
1,2	250
1,3	300

Приложение 10

Поправочные коэффициенты к величине вымывания кальция и магния  
в зависимости от гранулометрического состава почвы

Гранулометрический состав почвы	Поправочный коэффициент
Супесчаный	1,6
Легкосуглинистый	1,3
Среднесуглинистый	1,0
Тяжелосуглинистый	0,7
Глинистый	0,7

Приложение 11

Поправочные коэффициенты к величине вымывания  
кальция и магния в зависимости от величины рН

рН сол.	Поправочный коэффициент
5,0	1,0
5,1	1,05
5,2	1,10
5,3	1,15
5,4	1,20
5,5	1,25
5,6	1,33
5,7	1,41
5,8	1,49
5,9	1,57
6,0 и более	1,65

## СОДЕРЖАНИЕ

1 АНАЛИЗ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ	3
1.1 Расчетное задание по теме 1	3
1.2 Вычисление статистических характеристик выборки при количественной изменчивости признака	6
2 КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ И РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗЫ	8
2.1 Расчетные задания по теме 2	8
2.2 Расчет показателей линейной парной корреляции и уравнения регрессии	12
3 РАСЧЕТА БАЛАНСА ГУМУСА И КАЛЬЦИЯ В АГРОЦЕНОЗАХ	14
3.1 Задания для расчета баланса гумуса и кальция	14
3.2 Расчет баланса гумуса в почве	17
3.3 Расчет баланса кальция	20
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	
ПРИЛОЖЕНИЯ	23