

УДК 631.417.2:631.42

DOI: 10.19047/0136-1694-2026-128-241-258



Ссылки для цитирования:

Мешалкина Ю.Л., Морозов И.В., Самсонова В.П., Замулина И.В., Соловьев Д.А. Минимальная повторность проб при проведении контрольно-надзорных мероприятий для выявления изменения в содержании органического вещества почв // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2026. Вып. 128. С. 241-258. DOI: 10.19047/0136-1694-2026-128-241-258

Cite this article as:

Meshalkina J.L., Morozov I.V., Samsonova V.P., Zamulina I.V., Soloviev D.A., Minimum repeatability of laboratory tests to identify changes in the content of soil organic matter, Dokuchaev Soil Bulletin, 2026, V. 128, pp. 241-258, DOI: 10.19047/0136-1694-2026-128-241-258

Благодарность:

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-46-10013).

Acknowledgments:

The research was funded by the Russian Science Foundation (project No. 25-46-10013).

Минимальная повторность проб при проведении контрольно-надзорных мероприятий для выявления изменения в содержании органического вещества почв

© 2026 г. Ю. Л. Мешалкина^{1*}, И. В. Морозов^{2,3**},
В. П. Самсонова^{1***}, И. В. Замулина^{3****}, Д. А. Соловьев^{2*****}

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия,

119991, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12,

*<https://orcid.org/0000-0003-1513-2439>, e-mail: jlmesh@list.ru,

***<https://orcid.org/0000-0003-2142-0293>, e-mail: vkbun@mail.ru.

²ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,

119017, Москва, Пыжжевский пер, 7, стр. 2,

****<https://orcid.org/0009-0004-3590-754X>, e-mail: solovev@esoil.ru.

³Южный федеральный университет, Россия,

344006, Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42,

** <https://orcid.org/0000-0003-0292-068X>, e-mail: migovad@sfedu.ru,
**** <https://orcid.org/0000-0001-6279-6428>, e-mail: ivzamulina@sfedu.ru.

Поступила в редакцию 16.12.2024, после доработки 26.01.2026,
принята к публикации 29.04.2026

Резюме: Приведены расчеты минимальной повторности точечных и объединенных проб почв при проведении контрольно-надзорных мероприятий для выявления статистически достоверного изменения в содержании органического вещества (ОВ), определенного по ГОСТ 26213–91 (метод И.В. Тюрина). В качестве порогового значения, согласно нормативным требованиям, взято снижение содержания ОВ в пахотном горизонте на 15%. Рассмотрен вклад аналитической погрешности и пространственного варьирования значений этого показателя в конечный результат. Пространственное варьирование содержания ОВ было проанализировано для дерново-подзолистых почв, черноземов южных и черноземов обыкновенных. Оказалось, что, при малых значениях содержания ОВ (до 3%) аналитическая повторность должна быть не менее $n = 2$. При больших значениях аналитическая повторность может быть однократной. Число точечных проб при оценке среднего значения содержания ОВ с доверительной вероятностью 0.95 может достигать нескольких десятков и зависит от величины пространственного варьирования, которое может быть описано коэффициентом вариации. Отбор объединенных проб резко уменьшает число аналитических повторностей, однако при этом возрастают требования к процедуре смешивания – первичные пробы должны быть одинакового объема, а качество смешивания тщательно контролироваться путем измельчения всей отобранной массы почвы.

Ключевые слова: гумус; опробование; пахотный горизонт, расчет объема выборки; дерново-подзолистые почвы; черноземы; объединенная проба; точечная проба; почвенно-экологическая экспертиза.

Minimum repeatability of laboratory tests to identify changes in the content of soil organic matter

© 2026 J. L. Meshalkina^{1*}, I. V. Morozov^{2,3**}, V. P. Samsonova^{1***},
I. V. Zamulina^{3****}, D. A. Soloviev^{2*****}

¹Lomonosov Moscow State University,
12 Bld. 1 Leninskie Gori, Moscow 119991, Russian Federation,
* <https://orcid.org/0000-0003-1513-2439>, e-mail: jlmesh@list.ru,
** <https://orcid.org/0000-0003-2142-0293>, e-mail: vkun@mail.ru.

²*Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,
**** <https://orcid.org/0009-0004-3590-754X>, e-mail: solovev@esoil.ru.*

³*Southern Federal University,
105/42 Bolshaya Sadovaya Str., Rostov-on-Don 344006, Russian Federation,
** <https://orcid.org/0000-0003-0292-068X>, e-mail: migovad@sfedu.ru,
*** <https://orcid.org/0000-0001-6279-6428>, e-mail: ivzamulina@sfedu.ru.*

Received 16.12.2024, Revised 26.01.2026, Accepted 29.04.2026

Abstract: The paper outlines the calculations for the minimum number of individual and combined samples required for control and inspector measures to detect a statistically significant change in the soil organic matter content, as determined according to GOST 26213-91 (the Tyurin's method). The threshold for this change is a decrease of the organic matter content in the arable soil layer by 15%. The paper also considers the impact of analytical error and spatial variation on the final result. Spatial variation was analyzed for sod-podzolic soils, southern chernozems, and ordinary chernozems. It was found that for low values of the substance content (up to 3%), the analytical repeatability should be at least $n = 2$. For higher values, the analytical repeatability may be reduced to a single sample. The number of individual samples needed to estimate the average organic matter content with a confidence level of 0.95 can vary widely, ranging from a few to several dozen, depending on the extent of spatial variation, which is characterized by the coefficient of variation. By combining samples, the number of analytical repetitions can be significantly reduced, but this approach also requires more careful consideration of mixing requirements. The primary samples must be of the same volume, and the mixing process must be carefully controlled to ensure uniformity.

Keywords: humus; soil sampling; calculation of soil sample selection; sod-podzolic soils; southern chernozems; ordinary chernozems; combined soil sample; soil sample; individual soil sample; soil and environmental expertise.

ВВЕДЕНИЕ

При осуществлении функций по исполнению земельного и природоохранного законодательства контрольно-надзорные органы (Россельхознадзор, Росприроднадзор, Министерства природных ресурсов и экологии субъектов Российской Федерации), иные контролирующие органы, а также органы дознания, следствия и суды сталкиваются с необходимостью всестороннего, полного и объективного исследования событий, имеющих признаки порчи

земли (почвы). К одному из таких признаков относится порча плодородного слоя почвы, который устанавливается в том числе по снижению содержания органического вещества или гумуса.

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 22.07.2011 г. № 612, существенным снижением плодородия земель сельскохозяйственного назначения является изменение числовых значений не менее трех следующих критериев:

- снижение содержания органического вещества в пахотном горизонте на 15% или более;
- снижение кислотности в кислых почвах (pH_{KCl}) на 10% или более;
- повышение щелочности в щелочных почвах (pH_{H_2O}) на 10% или более;
- снижение содержания подвижного фосфора (мг/кг почвы) на 25% или более;
- снижение содержания обменного калия (мг/кг почвы) на 25% или более.

Поскольку невыполнение требований части 2 статьи 13 Земельного кодекса РФ по воспроизводству плодородия почв влечет за собой возмещение причиненного вреда в стоимостном выражении, а также наложение административных штрафов и иных форм ответственности вплоть до уголовной по статьям 246, 247 и 254 Уголовного кодекса РФ, то для объективной оценки соответствия земельных участков этим требованиям необходим адекватный отбор почвенных проб и статистический анализ полученных результатов.

В рассматриваемом Постановлении Правительства Российской Федерации от 22.07.2011 г. № 612 не указываются нормативные требования к методам, способам и приемам, применяемым для проведения оценки изменений. Однако на результат будет влиять не только погрешность анализа, но и характер пространственной изменчивости показателей в пределах земельного участка или его части. При этом способ опробования может внести существенный вклад в точность полученного значения (Самсонова, Мешалкина и др., 2023), поэтому способ контроля должен соответствовать поставленным целям.

В настоящее время основные схемы опробования почвы

сформулированы в следующих нормативных документах: ГОСТ 17.4.3.01-2017, ГОСТ 17.4.4.02-2017, ПНД Ф 12.1:2.2.2:2.3:3.2-03, а также методических инструкциях и рекомендациях. Необходимое число точечных и объединенных проб почвы заранее регламентировано несмотря на то, что оно может быть как недостаточным, так и избыточным для решения поставленной задачи. В большинстве случаев пространственное варьирование нивелируется определениями в объединенной пробе, подразумевается, что физическое усреднение почвенной массы эквивалентно математическому усреднению, а сама объединенная проба может характеризовать большой участок.

Мерой варьирования значений свойства выступает его дисперсия $s_{\text{общ}}^2$, которая может быть представлена в виде уравнения 1 (Дмитриев, 1995):

$$s_{\text{общее}}^2 = s_{\text{ан}}^2 + s_{\text{прир}}^2, \quad (1)$$

где, $s_{\text{ан}}^2$ и $s_{\text{прир}}^2$ – аналитическая и природная дисперсии соответственно. Отметим, что каждая из составляющих может быть при желании детализирована, если в этом возникает необходимость.

Цель настоящей работы – установить минимальную повторяемость для выявления статистически достоверного изменения в содержании органического вещества, определяемого по ГОСТ 26213-91 "Почвы. Метод определения органического вещества" (метод И.В. Тюрина и его модификации), и оценить вклад каждого источника варьирования в конечный результат. Пространственное варьирование содержания органического вещества для земель сельскохозяйственного назначения с различным видом разрешенного использования (угодья) было проанализировано для дерново-подзолистых почв, черноземов южных и черноземов обыкновенных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Аналитическая погрешность. Аналитическая погрешность для определения содержания органического вещества регламентируется согласно ГОСТ 26213-91, в котором сказано, что *предельные значения относительной погрешности ε (%) результатов ана-*

лиза почвенной пробы для двусторонней доверительной вероятности $P = 0.95$ составляют в процентах (отн.):

20% – при массовой доле органического вещества до 3%;

15% – от 3 до 5%;

10% – от 5 до 15%.

Приведенные в ГОСТе значения представляют собой 95%-ый доверительный интервал для значений нормально распределенной случайной величины. Абсолютное значение аналитической погрешности s для результата x равно:

$$s = \frac{\varepsilon \times x}{Z_{0.95} \times 100\%}, \quad (2)$$

где ε – относительная погрешность, $Z_{0.95}$ – значение стандартного нормального распределения при уровне значимости α . $Z_{0.95} = 2$ – значение стандартного нормального распределения при уровне значимости α .

Например, если содержание гумуса составляет 1%, то, согласно ГОСТу, предельное значение относительной погрешности результата будет составлять 20%, а аналитическая погрешность s будет равна, если принять $Z_{0.95}=2$:

$$s = \frac{20\% \times 1}{2 \times 100\%} = 0,10 \quad (3)$$

В таблице 1 приведены аналогичные расчеты для всего диапазона значений. Повторены с небольшим шагом те значения, где происходят скачкообразные изменения.

Расчет значения разности, которую нужно выявить согласно постановлению. Рассчитаем абсолютные значения разницы значений содержания органического вещества, которую нужно выявить при мониторинге. Согласно постановлению, она составляет 15% от значения. Если содержание органического вещества равно 1%, то абсолютное значение разницы, которую нужно выявить, составит 0.15%. В таблице 2 приведены значения абсолютной разницы для всего диапазона возможных значений содержания органического вещества.

Таблица 1. Аналитическая погрешность для диапазона значений содержания органического вещества, рассчитанная исходя из значений относительной аналитической погрешности результата для двусторонней доверительной вероятности $P = 0.95$

Table 1. Analytical error for the range of organic matter content values, calculated based on the relative analytical error of the result at a two-sided confidence level of $P=0.95$.

Содержание органического вещества, %	Половина доверительного интервала 20, 15 или 10% процентов от значения	Относительная аналитическая погрешность, в % от значения	Абсолютные значения аналитической погрешности (ст. откл. аналитическое), %
0.5	20%	10%	0.05
1.0	20%	10%	0.10
2.9	20%	10%	0.29
3.1	15%	7.5%	0.23
4.0	15%	7.5%	0.30
4.9	15%	7.5%	0.37
5.1	10%	5%	0.26
7.0	10%	5%	0.35

Расчет объема выборки при выявлении отличий среднего с некоторым числом, если варьирование обусловлено только аналитической погрешностью. Рассмотрим случай, когда есть некоторое критическое значение, с которым нужно будет сравнить результаты будущего исследования. Например, это может быть значение, известное из справочников, или характеристика, измеренная до начала воздействия и т. п. Рассчитать необходимую повторность для определения среднего значения содержания с абсолютной погрешностью d можно согласно формуле (Webster, Oliver, 1990; Козлов, 2014) (4):

$$n = \left(\frac{z_{\alpha} s}{d} \right)^2, \quad (4)$$

где n – объем выборки, s – аналитическая погрешность (стандартное отклонение), d – разность, которую надо выявить; значения

для нормально распределенной случайной величины можно считать равными $Z_\alpha = 1.7$ для $\alpha = 0.1$; $Z_\alpha = 2$ для $\alpha = 0.05$ и $Z_\alpha = 2.6$ для $\alpha = 0.01$.

Таблица 2. Абсолютные значения разницы, которую нужно выявить при мониторинге, исходя из значения в 15% от значений содержания органического вещества

Table 2. Absolute values of the difference to be detected during monitoring, based on a value of 15% of the organic matter content values

Содержание органического вещества, %	Абсолютные значения отличий на 15%
0.5	0.075
1.0	0.150
2.9	0.435
3.1	0.465
4.0	0.600
4.9	0.735
5.1	0.765
7.0	1.050

При содержании 1% органического вещества и абсолютной разности, которую надо выявить в 0.15%, повторность составит:

$$n = \left(\frac{2 \times 0.1}{0.15} \right)^2 = 1.71 \approx 2, \quad (5)$$

В таблице 3 приведена необходимая повторность для выявления отличий в 15% от содержания органического вещества.

Таким образом, для выявления снижения содержания вещества в единственном объединенном смешанном образце, характеризующем все угодье, при высоких содержаниях достаточно одной повторности, а для малых содержаний (меньше 3%) необходимо две повторности. Можно предложить использовать этот вариант планирования для задач, возникающих в лабораторной практике: для сравнения результатов, полученных на одних и тех

же образцах, но разными модификациями метода Тюринга, или для межлабораторных сравнений.

Таблица 3. Объем выборки (n), необходимый для выявления отличий в 15%, если отличия обусловлены только аналитической погрешностью, для случая сравнения среднего с заданным числом

Table 3. Sample size (n) required to detect a 15% difference if the difference is due only to analytical error, for the case of comparing the mean with a given number

Содержание органического вещества, %	Отличие на 15 %	Значения n согласно формуле (4) без округления	Объем выборки n, результат округления вверх
0.5	0.075	1.778	2
1.0	0.150	1.778	2
2.9	0.435	1.778	2
3.1	0.465	1.000	1
4.0	0.600	1.000	1
4.9	0.735	1.000	1
5.1	0.765	0.444	1
7.0	1.050	0.444	1

Расчет объема выборки при выявлении отличий среднего с некоторым числом, если варьирование реализуется на некотором угодье и присутствует пространственное варьирование. Приведенный выше расчет относится к анализу единичной пробы. Однако, как известно, свойства почв варьируют в пространстве, и эта вариабельность может быть достаточно большой. Если обратиться к научным публикациям, то коэффициент вариации для содержания органического вещества в пахотном слое угодий дерново-подзолистых почв колеблется в пределах от 7 до 27% при медианном значении в 15% (Белобров, 1972; Березовский и др., 1984; Готра, 2004; Самсонова и др., 1999; Самсонова и др., 2023; Хитров, 2023).

Анализ содержания гумуса в горизонтах $A_{\text{пах}}$ черноземных почв Ростовской области (черноземы обыкновенные и черноземы южные) на примере около 9000 точечных почвенных образцов, размещенных в Ростовском региональном дата-центре Почвенно-географической базы данных России, показал, что коэффициенты вариации составляют:

– для черноземов южных среднесуглинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического составов – 21–23%, легкогоглинистых – 17%;

– для черноземов обыкновенных среднесуглинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического составов – 18–26%, легкогоглинистых – 15.5%.

Результаты вариационного анализа представлены в таблице 4.

Сделаем пересчет значений s , исходя из предположения, что коэффициент вариации составляет 25%. Тогда вне зависимости от содержания органического вещества повторность будет равна 12. Это следует из определения коэффициента вариации, формулы (4) и того факта, что мы должны уловить разницу в 15%. В результате получаем формулу (6):

$$d = 0,15 \times \bar{x}; V = \frac{s}{\bar{x}} * 100; n = \left(\frac{Z_{\alpha} s}{d} \right)^2 = \left(\frac{Z_{\alpha} \times V \times \bar{x}}{15 \times \bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{Z_{\alpha} \times V}{15} \right)^2, (6)$$

где n – объем выборки, s – стандартное отклонение, d – разность, которую надо выявить, $Z_{\alpha} = 2$ для $\alpha = 0.05$, x – содержание органического вещества, V – коэффициент вариации, %.

Таким образом, в том случае, если надо определить среднее значение с учетом его пространственного варьирования при условии, что доверительная вероятность равна 0.95, число проб существенно возрастает (табл. 5).

Расчет объема выборки при выявлении отличий двух средних, если мониторинг реализуется на угодье, и варьирование допустимо считать одинаковым. Рассмотрим случай, когда проводится сравнение двух средних. Например, некоторое угодье необходимо опробовать последовательно до и после некоторого воздействия, или нужно сравнить два угодья.

Таблица 4. Статистические характеристики содержания гумуса в горизонтах $A_{\text{пах}}$ черноземных почв Ростовской области (черноземы обыкновенные и черноземы южные)

Table 4. Statistical characteristics of humus content in the ploughed horizons of chernozem soils of the Rostov region (ordinary chernozems and southern chernozems)

Показатель	Гранулометрический состав		
	Средние суглинки, содержание частиц < 0.01 мм 30–45%	Тяжелые суглинки, содержание частиц < 0.01 мм 45–60%	Легкие глины, содержание частиц < 0.01 мм 60–75%
Черноземы южные			
<i>m</i>	2.9	3.5	4.2
<i>me</i>	2.8	3.5	4.2
<i>s</i>	0.7	0.7	0.7
<i>V</i>	23.0	20.7	17
<i>min</i>	1.3	1.6	1.7
<i>max</i>	5.9	6.0	6.9
<i>n</i>	361	1044	1345
Черноземы обыкновенные			
<i>m</i>	3.4	3.8	4.3
<i>me</i>	3.2	3.7	4.2
<i>s</i>	0.9	0.7	0.7
<i>V</i>	25.9	18.2	15.5
<i>min</i>	1.9	1.8	2.1
<i>max</i>	7.3	7.6	7.9
<i>n</i>	113	1612	4480

Примечание. *m* – среднее значение, *me* – медиана, *s* – стандартное отклонение, *V* – коэффициент вариации, *min* – минимум, *max* – максимум, *n* – выборка (количество точечных значений).

Note. *m* is the mean value, *me* is the median, *s* is the standard deviation, *V* is the coefficient of variation, *min* is the minimum, *max* is the maximum, *n* is the sample (number of point values).

Таблица 5. Объем выборки (n) при сравнении отличий среднего с некоторым числом, если абсолютное значение разницы, которую нужно выявить, составляет 15% для разных коэффициентов вариации (V), описывающих пространственное варьирование

Table 5. Sample size (n) when comparing differences in the mean with a certain number if the absolute value of the difference to be detected is 15% for different coefficients of variation (V) describing spatial variation

V	n без округления	n , результат округления вверх
5%	0.44	1
7%	0.87	1
10%	1.78	2
15%	4.00	4
20%	7.11	8
25%	11.11	12
27%	12.96	13
30%	16.00	16

Расчеты суммарного объема двух выборок можно произвести по формуле (7), при этом делается допущение, что дисперсии двух выборок однородны (Webster, Oliver, 1990; Козлов, 2014) (7):

$$2n = \frac{2 \times (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2}{D^2}, \quad (7)$$

где D – нормированная разность между средними (эффект); Z_{α} – значение стандартного нормального распределения при уровне значимости α , Z_{β} – значение стандартного нормального распределения при уровне значимости β , β – вероятность ошибки 2-го рода, т. е. принятия гипотезы, которая на самом деле неверна. Для доверительной вероятности 95% $Z_{\alpha} = 1.96$, $Z_{\beta} = 0.84$. Нормированная разность между средними находится по формуле (8):

$$D = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{s} = \frac{15 \times \bar{x}_1}{\bar{x}_1 \times V} = \frac{15}{V} \quad (8)$$

Отсюда, уравнение (7) превращается в уравнение (9):

$$2n = \frac{2 \times (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2}{D^2} = \frac{2 \times (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2}{(15/V)^2} \quad (9)$$

По этой формуле находится суммарный объем для двух выборок. Для определения числа каждой из выборок нужно общий объем разделить на 2. Например, при коэффициенте вариации, равном 25%, объем каждой из сравниваемых выборок составляет 22 (табл. 6).

Таблица 6. Объем каждой из сравниваемых выборок, если абсолютные значения разницы, которую нужно выявить при мониторинге, составляют 15% от среднего

Table 6. The size of each of the compared samples if the absolute values of the difference to be identified during monitoring are 15% of the average

V	n без округления	n
5%	0.87	1
7%	1.71	2
10%	3.48	4
15%	7.84	8
20%	13.94	14
25%	21.78	22
27%	25.40	26
30%	31.36	32

Расчет объема выборки при выявлении отличий двух средних, если мониторинг реализуется на усмотрение и будет запланирована одинаковая повторность для расчета каждого из средних и при этом будут отбираться смешанные образцы из объединенной пробы, составленной из m точечных проб. При отборе объединенных проб из совокупности точечных одного веса, если почвенное свойство обладает свойством аддитивности, то стандартное отклонение будет уменьшаться на корень из m , где m – число точечных проб, для которых происходит объединение (Дмитриев, 1995) (табл. 7).

Таблица 7. Объем выборок (необходимая минимальная повторность) в зависимости от числа объединяемых точечных проб в образце (m) для каждой из двух сравниваемых выборок, если абсолютные значения разницы, которую нужно выявить при мониторинге, составляют 15% от среднего

Table 7. Sample sizes (required minimum number of replications) depending on the number of combined point samples (m) within the sample for each of the two compared samples, if the absolute difference to be detected during monitoring is 15% of the mean.

Коэффициент вариации, %	Число точечных проб для составления объединенной пробы					
	1	5	10	20	30	40
	Количество аналитических повторностей, n					
5	1	1	1	1	1	1
7	2	1	1	1	1	1
10	4	1	1	1	1	1
15	8	2	1	1	1	1
20	14	3	2	1	1	1
25	22	5	3	2	2	1
27	26	6	3	2	2	1
30	32	7	4	2	2	1

Таким образом, заключение о наличии различия средних значений в границах исследуемого земельного участка (угодья) или об отсутствии этого различия зависит от первичных предположений и от того, каким образом получается информация. В случае сравнения двух точечных проб почвы по содержанию органического вещества разность будет зависеть только от аналитической погрешности. Однако вывод о наличии или отсутствии различий исследуемого показателя в пахотном горизонте может быть оспорен, поскольку не учитывалось пространственное варьирование. Если отбирается объединенная проба, составляемая из совокупности точечных проб, ее представительность должна быть подтверждена схемой опробования, охватывающей весь исследуемый земельный участок (угодье).

При осуществлении контрольно-надзорных мероприятий, равно как и мониторинге состояния почвы земельного участка (угодья) возникает вопрос, насколько устойчив характер варьирования показателя во времени, которая выражается, в первую очередь, мерой разброса случайной величины (дисперсией) анализируемого свойства почвы. При внесении удобрений дисперсия может значительно увеличиваться, так что необходимо соблюдение сроков опробования.

И, наконец, размеры проб должны быть фиксированы, что при агрохимическом опробовании достигается отбором проб при помощи бура (Методические указания..., 2003; ГОСТ 17.4.3.01-2017). При других видах опробования размер пробы не столь определен, что также может вносить неопределенность в результаты определения показателей.

ВЫВОДЫ

При осуществлении контрольно-надзорных мероприятий по соблюдению требований земельного и/или природоохранного законодательства, а также в случае решения задач, возникающих при производстве судебно-экологических экспертиз с целью установления признаков существенного снижения содержания органического вещества в почве на 15% и более, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 22.07.2011 г. № 612, предлагается выполнение следующих условий:

1. Число точечных (единичных) проб при оценке среднего значения содержания органического вещества с доверительной вероятностью $P = 0.95$ может достигать нескольких десятков. Например, согласно п. 7.8. ГОСТ Р 58595–2019 “Почвы. Отбор проб”, каждая объединенная проба составляется из не менее 20–40 точечных (единичных) проб.
2. При малых значениях содержания органического вещества ($\leq 3\%$) аналитическая повторность должна быть не менее $n = 2$. При больших значениях ($> 3\%$) аналитическая повторность может быть однократной.
3. Отбор объединенных проб обеспечивает резкое снижение количества требуемых аналитических повторностей, одна-

ко при этом возрастают требования к объединению: точечные (единичные) пробы должны быть одинакового объема, а качество смешивания должно тщательно контролироваться путем измельчения всей отобранной массы почвы.

4. Отличия в содержании органического вещества следует считать статистически достоверными в соответствии с используемым способом организации эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белобров В.П.* Варьирование некоторых химических и морфологических свойств дерново-подзолистых почв в пределах элементарных почвенных ареалов и классификационных групп // Почвенные комбинации и их генезис. М.: Наука, 1972. С. 115–123.
2. *Березовский В.А., Семенов В.А., Политанская В.В.* Пространственная вариация содержания гумуса в почвах разной степени окультуренности // Свойства почв, их изменение при окультуривании и влияние на урожай в Северо-западной зоне РСФСР. Л.: СЗНИИСХ, 1984. С. 33–39.
3. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.
4. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
5. ГОСТ Р 58595–2019. Почвы. Отбор проб.
6. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
7. *Готра О.Н.* Структура пространственной неоднородности содержания гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой почвы в пределах одного поля: Дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 120 с.
8. *Дмитриев Е.А.* Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1995. 320 с.
9. *Козлов М.В.* Планирование экологических исследований: теория и практические рекомендации. Товарищество научных изданий КМК, 2014. 171 с.
10. ПНД Ф 12.1:2.2:2.3:3.2-03. Методические рекомендации. Отбор проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления.

11. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.07.2011 г. № 612 “Об утверждении критериев существенного снижения плодородия земель сельскохозяйственного назначения”.
12. Самсонова В.П., Мешалкина Ю.Л., Добровольская В.А., Кондрашкина М.И., Дядькина С.Е., Филиппова О.И., Красильников П.В., Кротов Д.Г., Морозова Т.М. Исследование неопределенности оценок запасов гумуса в масштабах угодий // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1437–1449.
13. Самсонова В.П., Мешалкина Ю.Л., Дмитриев Е.А. Структура пространственной вариабельности агрохимических свойств пахотной дерново-подзолистой почвы // Почвоведение. 1999. №11. С. 1359–1366.
14. Хитров Н.Б., Никитин Д.А., Иванова Е.А., Семенов М.В. Пространственно-временная изменчивость содержания и запасов органического вещества почвы: аналитический обзор // Почвоведение. 2023. № 12. С. 1493–1521.
15. Webster R., Oliver M.A. Statistical methods in soil and land survey. New York: Oxford University Press, 1990.

REFERENCES

1. Belobrov V.P., Variation of some chemical and morphological properties of sod-podzolic soils within elementary soil areas and classification groups, In: *Soil combinations and their genesis*, Moscow: Nauka, 1972, pp. 115–123. (In Russ.)
2. Berezovsky V.A., Semenov V.A., Politanskaya V.V., Spatial variation of humus content in soils with different degrees of cultivation, In: *Soil properties, their changes during cultivation and their influence on crop yield in the Northwestern zone of the RSFSR*, Leningrad: SZNIISKh, 1984, pp. 33–39. (In Russ.)
3. State standard. GOST 26213-91. Soils. Methods for determination of organic matter. (In Russ.)
4. State standard. GOST 17.4.3.01-2017. Interstate standard. Nature conservation. Soils. General requirements for sampling. (In Russ.)
5. State standard. GOST R 58595–2019. Soils. Sampling. (In Russ.)
6. State standard. GOST 17.4.4.02-2017. Environmental Protection (IUCN). Soils. Methods of sampling and preparing samples for chemical, bacteriological, and helminthological analysis. (In Russ.)
7. Gotra O.N., Structure of spatial heterogeneity of humus content in the arable layer of sod-podzolic soil within a single field, Cand. Biol. Sci. thesis, Moscow, 2004, 120 p. (In Russ.)
8. Dmitriev E.A., *Mathematical statistics in soil science*, Moscow: Moscow State University Press, 1995, 320 p. (In Russ.)

9. Kozlov M.V., *Planning environmental research: theory and practical recommendations*, KMK Scientific Publications Partnership, 2014, 171 p. (In Russ.)
10. Environmental regulatory document F 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03. Methodological Recommendations. Sampling of Soils, Grounds, Bottom Sediments, Silts, Sewage Sludge, Industrial Wastewater Sludge, Production and Consumption Waste. (In Russ.)
11. Resolution of the Government of the Russian Federation of July 22, 2011, No. 612 “On Approval of the Criteria for a Significant Decrease in the Fertility of Agricultural Lands”. (In Russ.)
12. Samsonova V.P., Meshalkina Yu.L., Dobrovolskaya V.A., Kondrashkina M.I., Dyad'kina S.E., Filippova O.I., Krasilnikov P.V., Krotov D.G., Morozova T.M., Investigation of Uncertainty in Organic Carbon Stock Estimates on a Field Scale, *Eurasian Soil Sc.*, 2023, No. 56, pp. 1765–1775, DOI: <https://doi.org/10.1134/S106422932360183X>.
13. Samsonova V.P., Meshalkina Yu.L., Dmitriev E.A., Spatial variability patterns of the main agrochemical properties of plowed soddy-podzolic soils, *Eurasian Soil Sc.*, 1999, No. 11, pp. 1214–1220.
14. Khitrov N.B., Nikitin D.A., Ivanova E.A., Semenov M.V., Variability of the content and stock of soil organic matter in time and space: an analytical review, *Eurasian Soil Sc.*, Vol. 56, No. 12, pp. 1819–1844.
15. Webster R., Oliver M.A., *Statistical methods in soil and land survey*, New York: Oxford University Press, 1990.