

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПОЧВ

© Г. А. Ступакова, Е. Э. Игнатъева, С. А. Деньгина, Т. И. Щиплецова, Д. К. Митрофанов,
Е. Ю. Ветрова, О. В. Холяева

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова»
(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»),
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: vniia@list.ru

Поступила в редакцию – 25 июня 2021 г., после доработки – 19 октября 2021 г.
Принята к публикации – 30 ноября 2021 г.

В статье авторами представлены сведения по изучению стабильности основных показателей плодородия (подвижных соединений фосфора и калия, органического вещества) в разных типах почв. Эксперименты проведены на материалах стандартных образцов, отобранных в разных почвенно-климатических зонах. Исследование проводили в течение 12–30 лет с момента аттестации стандартного образца.

Опытным путем установлено, что разные типы почвы сохраняют достаточную стабильность содержания подвижных соединений фосфора и калия, органического вещества в стандартном образце при условии хранения образцов в сухом помещении, в удалении от установок, создающих вибрацию, с отсутствием в воздухе паров реактивов и относительной влажности воздуха не выше 70%.

Результаты проведенных исследований по стабильности основных показателей плодородия почв (подвижные соединения фосфора и калия, органическое вещество) позволяют рекомендовать гарантийный срок хранения стандартных образцов почв, аттестованных на эти показатели, в течение 10 лет.

Ключевые слова: стандартный образец, стабильность, почва, показатели плодородия

DOI: 10.20915/2687-0886-2021-17-4-47-63

STUDY OF LONG-TERM STABILITY OF REFERENCE MATERIALS OF SOILS

© Galina A. Stupakova, Elena E. Ignatyeva, Svetlana A. Dengina, Tatiana I. Shchipletsova,
Dmitry K. Mitrofanov, Ekaterina I. Vetrova, Olga V. Kholiaeva

All-Russian Research Institute of Agrochemistry (VNIIA),
Moscow, Russian Federation
e-mail: vniia@list.ru

Ссылка при цитировании:

Исследование долговременной стабильности стандартных образцов почв / Г. А. Ступакова [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. 2021. Т. 17. № 4. С. 47–63. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-4-47-63>.

For citation:

Stupakova G. A., Ignatyeva E. E., Dengina S. A., Shchipletsova T. I., Mitrofanov D. K., Vetrova E. I., Kholiaeva O. V. Study of long-term stability of reference materials of soils. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2021;17(4): 47–63. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-4-47-63> (In Russ.).

Received – 25 June, 2021. Revised – 17 October, 2021.
Accepted for publication – 30 November, 2021.

The author's article presents information on the study of the stability of main indicators of fertility (mobile forms of phosphorus and potassium, organic matter) in different types of soil. Experiments were carried out on state reference materials selected in different soil-climatic zones, within 12–30 years since the date of reference material certification. It has been established that different types of soil preserve sufficient stability of the content of mobile forms of phosphorus and potassium, organic matter in reference material provided that reference materials were kept in storage in dry room in removal from the installations that create vibration, with the lack of vapor steams and the relative humidity of the air not higher than 70%.

The results of the studies of stability of main characteristics of soil fertility (mobile forms of phosphorus and potassium, organic matter) allow us to recommend a guaranteed storage period of reference materials of soils certified for these indicators during 10 years.

Keywords: reference materials, stability, soil, fertility indicators

Введение

Почва представляет собой сложную, многофазную систему, со своей структурой, физико-химическим составом, разными почвенными процессами и т. п. Процесс изменения свойств и качества почвы возможен как под влиянием антропогенных внешних факторов (деградация), так и естественных факторов почвообразования (буферных свойств почвы).

Критерием стабильности стандартного образца (СО) почвы служит сохранение количественного содержания аттестованных характеристик (в данном случае показателей плодородия) в течение определенного времени, установленного экспериментальными исследованиями. Стабильность (срок годности) СО почвы – одна из важнейших аттестуемых характеристик СО.

Работы по созданию и исследованию СО разных типов почв проводятся во ВНИИ агрохимии с 1986 г. На стадии разработки нового типа СО для изучения стабильности образца проводятся эксперименты в течение 2,5 лет (1/2 часть предполагаемого срока годности экземпляра), т. е. исследуется изменяемость аттестованного значения во времени [1]. Стабильность СО оценивается по всем аттестуемым показателям.

В ходе исследований долговременной стабильности в течение 5 лет проводились эксперименты на материалах стандартных образцов разных типов почв с периодичностью 1 раз в 1,5–2 месяца. Основная цель изучения стабильности СО почв – получение информации об изменениях метрологических характеристик в зависимости от влияния внешних факторов (условий хранения) и типа почвы.

Материалы и методы

В качестве естественной матрицы использовали разные типы почв, отобранные согласно разработанной в ВНИИ агрохимии методике, в разных

почвенно-климатических зонах [2]. В исследовании участвовали почвы: дерново-подзолистая легкосуглинистая; чернозем типичный легкосуглинистый; чернозем карбонатный легкосуглинистый¹. В результате выполненных работ на все типы СО разработана техническая документация в соответствии с ГОСТ 8.315-2019 [3].

Экспериментальные исследования и обработка результатов для оценки характеристики погрешности от нестабильности проводились в соответствии с методикой оценивания характеристики стабильности Р 50.2.031-2003 [4]. Каждый образец аттестован на показатели плодородия: подвижный фосфор и обменный калий по ГОСТ Р 54650–2011 (метод Кирсанова) [5], ГОСТ 26204–91 (метод Чирикова) [6] и ГОСТ 26205–91 (метод Мачигина) [7], органическое вещество по ГОСТ 26213–91 [8]. Измерения подвижных форм фосфора и калия проводили тремя методами (табл. 1).

¹Исследуемым объектом выбраны почвы ранее утвержденных типов ГСО 10065–2012, ГСО 7164–95, ГСО 9320–2009. Авторы отмечают тот факт, что срок действия типа истек. Но с целью мониторинга стабильности метрологических характеристик для проведения дополнительных исследований в качестве объекта были выбраны именно данные стандартные образцы.

ГСО 10065–2012 Стандартный образец состава (агрохимических показателей) почвы дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой (САДПП-09) // Федер. информац. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/390117>

ГСО 7164–95 Стандартный образец состава (агрохимических показателей) черноземной типичной легкосуглинистой почвы (САЧП-03) // Федер. информац. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/549766>

ГСО 9320–2009 Стандартный образец состава (агрохимических показателей) почвы черноземной карбонатной легкосуглинистой (САЧкП-05/3) // Федер. информац. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/390865>



Таблица 1. Методы определения подвижных форм фосфора и калия в почвах разного типа
Table 1. Methods for determining mobile forms of phosphorus and potassium in different types of soils

Метод определения подвижных форм фосфора и калия	метод Кирсанова ГОСТ Р 54650–2011	метод Чирикова ГОСТ 26204–91	метод Мачигина ГОСТ 26205–91
Типы почв	Дерново-подзолистые	Выщелоченные черноземы	Карбонатные черноземы
Зона	Лесная, лесостепная	Лесостепная и степная	Степная и сухостепная
Экстрагирующий раствор	0,2 н. раствор HCl	0,5 н. раствор CH ₃ COOH	1 % раствор (NH ₄) ₂ CO ₃
Соотношение почва: экстрагирующий раствор	1:5	1:25	1:20
Масса аналитической пробы, г	10	4	5
СО почвы, участвующие в эксперименте	ГСО 10065–2012 (САДПП-09/6)	ГСО 7164–95 (САЧП-03/1)	ГСО 9320–2009 (САЧкП-05/3)

Выбор метода определения подвижных соединений фосфора и калия зависит от типа почвы и установлен областью применения стандартизованной методики. Методы Кирсанова, Чирикова, Мачигина основаны на извлечении подвижных соединений фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) из почвы различными экстрагентами с последующим количественным определением на фотоэлектроколориметре (P₂O₅) и на пламенном фотометре (K₂O).

Так, метод Кирсанова основан на извлечении подвижных соединений фосфора и калия из почвы раствором соляной кислоты молярной концентрации (0,2 моль/дм³) при отношении почвы к раствору 1:5;

метод Чирикова – на извлечении подвижных соединений фосфора и калия из почвы раствором уксусной кислоты (0,5 моль/дм³) при отношении почвы к раствору 1:25;

метод Мачигина – на извлечении 1 % раствором углекислого аммония с отношением почвы к раствору 1:20. Различаются и массы аналитических проб. В дерново-подзолистых почвах подвижные соединения фосфора и калия определяются методом Кирсанова, в черноземных – методом Чирикова, в карбонатных – методом Мачигина.

Срок годности разработанных ранее экземпляров СО всех типов почв был установлен равным 5 лет при соблюдении соответствующих условий хранения. Оценка стабильности аттестованных характеристик показателей плодородия разных типов почв осуществлялась по результатам периодического контроля аттестованных значений в течение 2,5 лет (1/2 часть предполагаемого срока годности экземпляра).

Для оценки долговременной стабильности показателей плодородия почвы (подвижные соединения фосфора и калия, органическое вещество), составляющей не менее 10 лет, были спланированы исследования по изучению стабильности материалов ГСО следующих типов почв: дерново-подзолистой легкосуглинистой, чернозем карбонатный легкосуглинистый, чернозем типичный легкосуглинистой. Исследования стабильности ГСО 10065–2012 (САДПП-09/6) проводились с 2015 по 2019 гг.; ГСО 7164–95 (САЧП-03/1) с 2016 по 2020 гг.; ГСО 9320–2009 (САЧкП-05/3) с 2017 по 2021 гг. В качестве методики оценивания характеристики стабильности использовали рекомендации [4].

Результаты исследований

Основная цель проведенных исследований – оценить долговременную стабильность основных показателей плодородия (подвижные соединения фосфора и калия, органическое вещество) различных типов почв, составляющую не менее 10 лет.

Условия хранения стандартных образцов почв на протяжении длительного времени практически не менялись. Материал СО хранился в одном и том же сухом помещении, в удалении от установок, создающих вибрацию, при отсутствии в воздухе паров реактивов, в условиях относительной влажности воздуха не выше 70 %. Поэтому можно считать, что все СО почв были в одинаковых условиях хранения.

Для оценки характеристики погрешности от нестабильности за период исследования стабильности СО получили 40 результатов измерений по каждой аттестуемой характеристике различных типов почв, для чего

используются соответствующие методики определения подвижных соединений фосфора и калия (методы Кирсанова, Мачигина, Чирикова).

При контроле стабильности измерялись текущие значения разности d_n через равные промежутки времени, составляющие 1,5–2 месяца:

$$d_n = X_n - X_1,$$

где X_n – результат измерения аттестуемой характеристики СО в n -й момент времени;

X_1 – результат первого измерения.

С целью снижения влияния случайной составляющей погрешности результатов измерения проводили экспоненциальное сглаживание полученных значений d_n по формуле:

$$U_n = \alpha * d_n + (1 - \alpha) * U_{n-1},$$

где U_n – сглаженное значение результата измерения в момент времени n ($n = 1, 2, \dots, N$), в качестве начального значения U_0 принимается равным $d_1 = 0$.

α – коэффициент, выбираемый в зависимости от отношения $S/\Delta_{\text{доп}}$ (табличные значения).

Для обоснованного назначения срока годности экземпляра СО определяли допустимое значение погрешности от нестабильности Δ_T . По заданному допустимому значению погрешности аттестованного значения СО $\Delta_{\text{доп}}$ принимали $\Delta_T = 2/3 * \Delta_{\text{доп}}$.

Для обоснования зависимости погрешности материала от нестабильности от времени проверили гипотезу о равенстве нулю коэффициента линейной зависимости погрешности от нестабильности a в соответствии с [4]. В проведенных экспериментах по оцениванию стабильности выполнялось неравенство: $t \leq t_{(N-1);0.95}$ для всех СО. Следовательно, принимали гипотезу о равенстве нулю коэффициента a , срок годности экземпляра СО T определяли из неравенства: $T \leq \Delta_T / t_{(N-1);0.95} S_a$.

Срок годности всех исследуемых экземпляров СО удовлетворяет неравенствам:

$$A_1 \leq A_0 + aT \leq A_2;$$

$$t_{(N-1);0.95} * S_a * T \leq \Delta_T,$$

где A_1, A_2 – границы диапазона допустимых значений аттестованной характеристики СО;

A_0 – аттестованное значение СО, установленное при аттестации СО;

a – коэффициент, установленный при исследовании стабильности СО.

Результаты исследования стабильности подвижных соединений фосфора, калия и органического вещества в разных типах почвы представлены в табл. 2–7.

Результаты испытаний показали, что за период мониторинга стабильности СО материалы СО разных типов почв, отобранных в разных почвенно-климатических зонах (лесной, лесостепной и степной), показывают стабильные результаты показателей плодородия на протяжении 10,6–14,4 лет. Результаты определения подвижных соединений фосфора и калия тремя методами (Кирсанова, Мачигина, Чирикова) свидетельствуют о стабильности материалов СО исследованных типов почв в течение 10 лет с момента их разработки.

Долговременная стабильность показателей плодородия почв подтверждается результатами многолетних исследований, проведенных во время межлабораторных сличительных испытаний (МСИ). Для раундов МСИ среди образцов в комплекте на МСИ присутствовал СО, участвующий в исследовании на долговременную стабильность.

По многолетним выборкам данных, полученных на протяжении от 12 до 30 лет, аттестованные значения СО, установленные по результатам МСИ при участии от 18 до 50 аналитических лабораторий, аккредитованных на соответствие требованиям ГОСТ ISO/IEC17025–2019 [10], удовлетворяют требованиям рекомендаций [4], п. 6.1 и не превышают 2/3 допустимой погрешности (табл. 8–10). Для всех СО, участвующих в эксперименте, результаты определения подвижных форм фосфора, калия и органического вещества хорошо согласуются с аттестованными значениями.

По совокупности полученных результатов межлабораторного эксперимента (протяженностью с 1991 по 2019 гг.) установлено, что для всех исследованных СО значения отклонений аттестованных характеристик подвижных форм фосфора, калия и органического вещества в разных типах почвы и показателей, полученных в экспериментальных исследованиях стабильности, не превышают допустимых величин погрешности от нестабильности (Δ_T).

Выводы

По совокупности полученных результатов исследования долговременной стабильности основных показателей плодородия почв СО (подвижных соединений фосфора и калия, органического вещества) авторами опытным путем подтвердили предположение, что сохранение количественного содержания аттестованных характеристик (в данном случае показателей плодородия) в течение длительного времени допустимо, при условии соблюдения условий хранения материала СО. Таким образом, доказано, что разные типы почвы сохраняют достаточную стабильность содержания



Таблица 2. Результаты исследования стабильности подвижных соединений фосфора (метод Кирсанова) в стандартном образце почвы дерново-подзолистой легкоуглинистой (САДПП-09/6)
 Table 2. The results of studying the stability of mobile forms of phosphorus (Kirsanov method) in the reference material of the sod-podzolic light loamy soil

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	$\alpha \cdot d_n$	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
1	156,0	0,00	0	0	0	
2	148,0	-8,00	-1,200	0,000	-1,2000	1,2000
3	163,0	7,00	1,050	-1,020	0,0300	1,2300
4	160,0	4,00	0,600	0,026	0,6255	0,5955
5	174,0	18,00	2,700	0,532	3,2317	2,6062
6	153,0	-3,00	-0,450	2,747	2,2969	0,9348
7	167,0	11,00	1,650	1,952	3,6024	1,3055
8	162,0	6,00	0,900	3,062	3,9620	0,3596
9	146,0	-10,00	-1,500	3,368	1,8677	2,0943
10	158,0	2,00	0,300	1,588	1,8876	0,0198
11	171,0	15,00	2,250	1,604	3,8544	1,9669
12	167,0	11,00	1,650	3,276	4,9263	1,0718
13	148,0	-8,00	-1,200	4,187	2,9873	1,9389
14	161,0	5,00	0,750	2,539	3,2892	0,3019
15	170,0	14,00	2,100	2,796	4,8958	1,6066
16	150,0	-6,00	-0,900	4,161	3,2615	1,6344
17	162,0	6,00	0,900	2,772	3,6722	0,4108
18	158,0	2,00	0,300	3,121	3,4214	0,2508
19	143,0	-13,00	-1,950	2,908	0,9582	2,4632
20	154,0	-2,00	-0,300	0,814	0,5145	0,4437
21	146,0	-10,00	-1,500	0,437	-1,0627	1,5772
22	158,8	2,80	0,420	-0,903	-0,4833	0,5794
23	167,0	11,00	1,650	-0,411	1,2392	1,7225
24	149,0	-7,00	-1,050	1,053	0,0033	1,2359
25	151,0	-5,00	-0,750	0,003	-0,7472	0,7505
26	162,0	6,00	0,900	-0,635	0,2649	1,0121
27	156,5	0,50	0,075	0,225	0,3002	0,0353

Окончание табл. 2
End of Table 2

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	$\alpha * d_n$	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
28	148,0	-8,00	-1,200	0,255	-0,9449	1,2450
29	164,0	8,00	1,200	-0,803	0,3969	1,3417
30	150,0	-6,00	-0,900	0,337	-0,5627	0,9595
31	168,0	12,00	1,800	-0,478	1,3217	1,8844
32	158,0	2,00	0,300	1,123	1,4235	0,1017
33	144,0	-12,00	-1,800	1,210	-0,5900	2,0135
34	171,0	15,00	2,250	-0,502	1,7485	2,3385
35	155,0	-1,00	-0,150	1,486	1,3362	0,4123
36	168,0	12,00	1,800	1,136	2,9358	1,5996
37	147,0	-9,00	-1,350	2,495	1,1454	1,7904
38	153,0	-3,00	-0,450	0,974	0,5236	0,6218
39	164,0	8,00	1,200	0,445	1,6451	1,1215
40	151,0	-5,00	-0,750	1,398	0,6483	0,9968
R ср.	a	Su	Sa	Квантиль $t_{(n-1);0,95}$	t_{стат}	T (лет)
1,174	0,03064	1,04459	0,03074	1,68	1,00	11,3

Таблица 3. Результаты исследования стабильности подвижных соединений калия (метод Кирсанова) в стандартном образце почвы дерново-подзолистой легкосуглинистой (САДПП-09/6)
Table 3. The results of studying the stability of mobile forms of potassium (Kirsanov method) in the reference material of the sod-podzolic light loamy soil

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	$\alpha * d_n$	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
1	111,0	0,00	0	0	0	
2	107,0	-4,00	-0,600	0,000	-0,6000	0,6000
3	121,0	10,00	1,500	-0,510	0,9900	1,5900
4	113,0	2,00	0,300	0,842	1,1415	0,1515
5	102,0	-9,00	-1,350	0,970	-0,3797	1,5212
6	110,0	-1,00	-0,150	-0,323	-0,4728	0,0930
7	123,0	12,00	1,800	-0,402	1,3981	1,8709

Продолжение табл. 3
Continuation of Tabl. 3

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	$\alpha \cdot d_n$	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
8	114,0	3,00	0,450	1,188	1,6384	0,2403
9	119,5	8,50	1,275	1,393	2,6677	1,0292
10	105,0	-6,00	-0,900	2,268	1,3675	1,3001
11	112,0	1,00	0,150	1,162	1,3124	0,0551
12	104,5	-6,50	-0,975	1,116	0,1405	1,1719
13	108,0	-3,00	-0,450	0,119	-0,3306	0,4711
14	114,0	3,00	0,450	-0,281	0,1690	0,4996
15	107,0	-4,00	-0,600	0,144	-0,4563	0,6254
16	112,0	1,00	0,150	-0,388	-0,2379	0,2184
17	109,5	-1,50	-0,225	-0,202	-0,4272	0,1893
18	122,0	11,00	1,650	-0,363	1,2869	1,7141
19	105,0	-6,00	-0,900	1,094	0,1939	1,0930
20	110,0	-1,00	-0,150	0,165	0,0148	0,1791
21	104,8	-6,20	-0,930	0,013	-0,9174	0,9322
22	108,0	-3,00	-0,450	-0,780	-1,2298	0,3124
23	112,0	1,00	0,150	-1,045	-0,8954	0,3345
24	121,0	10,00	1,500	-0,761	0,7390	1,6343
25	117,0	6,00	0,900	0,628	1,5281	0,7892
26	109,0	-2,00	-0,300	1,299	0,9989	0,5292
27	113,0	2,00	0,300	0,849	1,1491	0,1502
28	107,0	-4,00	-0,600	0,977	0,3767	0,7724
29	110,0	-1,00	-0,150	0,320	0,1702	0,2065
30	118,0	7,00	1,050	0,145	1,1947	1,0245
31	106,3	-4,70	-0,705	1,015	0,3105	0,8842
32	111,0	0,00	0,000	0,264	0,2639	0,0466
33	113,5	2,50	0,375	0,224	0,5993	0,3354
34	109,0	-2,00	-0,300	0,509	0,2094	0,3899
35	115,0	4,00	0,600	0,178	0,7780	0,5686

Окончание табл. 3
End of Table 3

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	$\alpha \cdot d_n$	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
36	107,0	-4,00	-0,600	0,661	0,0613	0,7167
37	118,0	7,00	1,050	0,052	1,1021	1,0408
38	113,5	2,50	0,375	0,937	1,3118	0,2097
39	106,5	-4,50	-0,675	1,115	0,4400	0,8718
40	110,0	-1,00	-0,150	0,374	0,2240	0,2160
R ср.	a	Su	Sa	Квантиль $t_{(n-1);0,95}$	t_{стат}	T (лет)
0,681	0,01186	0,60653	0,01785	1,68	0,66	10,6

Таблица 4. Результаты исследования стабильности органического вещества в стандартном образце почвы дерново-подзолистой легкосуглинистой (САДПП-09/6)

Table 4. The results of studying the stability of organic matter in the reference material of the sod-podzolic light loamy soil

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	$\alpha \cdot d_n$	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
1	3,30	0,00	0	0	0	
2	3,17	-0,13	-0,020	0,000	-0,0195	0,0195
3	3,22	-0,08	-0,012	-0,017	-0,0286	0,0091
4	3,10	-0,20	-0,030	-0,024	-0,0543	0,0257
5	3,31	0,01	0,002	-0,046	-0,0446	0,0096
6	3,08	-0,22	-0,033	-0,038	-0,0709	0,0263
7	3,31	0,01	0,002	-0,060	-0,0588	0,0121
8	3,22	-0,08	-0,012	-0,050	-0,0620	0,0032
9	3,07	-0,23	-0,035	-0,053	-0,0872	0,0252
10	3,24	-0,06	-0,009	-0,074	-0,0831	0,0041
11	3,43	0,13	0,020	-0,071	-0,0511	0,0320
12	3,20	-0,10	-0,015	-0,043	-0,0585	0,0073
13	3,36	0,06	0,009	-0,050	-0,0407	0,0178
14	3,12	-0,18	-0,027	-0,035	-0,0616	0,0209
15	3,26	-0,04	-0,006	-0,052	-0,0584	0,0032

Окончание табл. 4
End of Table 4

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	α^*d_n	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
16	3,19	-0,11	-0,017	-0,050	-0,0661	0,0077
17	3,34	0,04	0,006	-0,056	-0,0502	0,0159
18	3,29	-0,01	-0,001	-0,043	-0,0442	0,0060
19	3,18	-0,12	-0,018	-0,038	-0,0555	0,0114
20	3,33	0,03	0,005	-0,047	-0,0427	0,0128
21	3,22	-0,08	-0,012	-0,036	-0,0483	0,0056
22	3,31	0,01	0,002	-0,041	-0,0396	0,0087
23	3,12	-0,18	-0,027	-0,034	-0,0606	0,0211
24	3,40	0,10	0,015	-0,052	-0,0365	0,0241
25	3,34	0,04	0,006	-0,031	-0,0250	0,0115
26	3,25	-0,05	-0,007	-0,021	-0,0288	0,0037
27	3,47	0,17	0,026	-0,024	0,0010	0,0298
28	3,29	-0,01	-0,001	0,001	-0,0006	0,0017
29	3,35	0,05	0,008	-0,001	0,0070	0,0076
30	3,41	0,11	0,017	0,006	0,0224	0,0155
31	3,25	-0,05	-0,007	0,019	0,0116	0,0109
32	3,09	-0,21	-0,032	0,010	-0,0217	0,0332
33	3,46	0,16	0,024	-0,018	0,0056	0,0273
34	3,19	-0,11	-0,017	0,005	-0,0118	0,0173
35	3,31	0,01	0,002	-0,010	-0,0085	0,0033
36	3,43	0,13	0,020	-0,007	0,0123	0,0208
37	3,29	-0,01	-0,001	0,010	0,0089	0,0033
38	3,15	-0,15	-0,023	0,008	-0,0149	0,0238
39	3,21	-0,09	-0,014	-0,013	-0,0262	0,0113
40	3,37	0,07	0,011	-0,022	-0,0117	0,0144
R ср.	a	Su	Sa	Квантиль $t_{(n-1);0,95}$	$t_{\text{стат}}$	T (лет)
0,014	-0,00057	0,01289	0,00038	1,68	1,50	14,4

Таблица 5. Результаты исследования стабильности подвижных соединений калия (метод Мачигина) в стандартном образце почвы чернозем карбонатный легкосуглинистый САЧкП-05/3

Table 5. The results of studying the stability of mobile forms of potassium (Machigin method) in the reference material of the chernozem carbonate light clay soil

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	$\alpha \cdot d_n$	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
1	395,0	0,00	0	0	0	
2	384,0	-11,00	-1,650	0,000	-1,6500	1,6500
3	389,0	-6,00	-0,900	-1,403	-2,3025	0,6525
4	405,0	10,00	1,500	-1,957	-0,4571	1,8454
5	412,0	17,00	2,550	-0,389	2,1614	2,6186
6	383,0	-12,00	-1,800	1,837	0,0372	2,1242
7	399,0	4,00	0,600	0,032	0,6316	0,5944
8	378,0	-17,00	-2,550	0,537	-2,0131	2,6447
9	409,0	14,00	2,100	-1,711	0,3889	2,4020
10	416,0	21,00	3,150	0,331	3,4805	3,0917
11	385,0	-10,00	-1,500	2,958	1,4585	2,0221
12	392,0	-3,00	-0,450	1,240	0,7897	0,6688
13	402,0	7,00	1,050	0,671	1,7212	0,9315
14	389,0	-6,00	-0,900	1,463	0,5630	1,1582
15	392,0	-3,00	-0,450	0,479	0,0286	0,5345
16	402,0	7,00	1,050	0,024	1,0743	1,0457
17	380,0	-15,00	-2,250	0,913	-1,3368	2,4111
18	407,0	12,00	1,800	-1,136	0,6637	2,0005
19	392,0	-3,00	-0,450	0,564	0,1141	0,5496
20	388,0	-7,00	-1,050	0,097	-0,9530	1,0671
21	392,0	-3,00	-0,450	-0,810	-1,2600	0,3071
22	405,0	10,00	1,500	-1,071	0,4290	1,6890
23	393,0	-2,00	-0,300	0,365	0,0646	0,3643
24	386,0	-9,00	-1,350	0,055	-1,2951	1,3597
25	409,0	14,00	2,100	-1,101	0,9992	2,2943

Окончание табл. 5
End of Table 5

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	$\alpha \cdot d_n$	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
26	398,0	3,00	0,450	0,849	1,2993	0,3001
27	391,0	-4,00	-0,600	1,104	0,5044	0,7949
28	388,0	-7,00	-1,050	0,429	-0,6212	1,1257
29	411,0	16,00	2,400	-0,528	1,8719	2,4932
30	409,0	14,00	2,100	1,591	3,6911	1,8192
31	388,0	-7,00	-1,050	3,137	2,0875	1,6037
32	376,0	-19,00	-2,850	1,774	-1,0756	3,1631
33	392,0	-3,00	-0,450	-0,914	-1,3643	0,2887
34	407,0	12,00	1,800	-1,160	0,6403	2,0046
35	384,0	-11,00	-1,650	0,544	-1,1057	1,7461
36	375,0	-20,00	-3,000	-0,940	-3,9398	2,8341
37	409,0	14,00	2,100	-3,349	-1,2489	2,6910
38	394,0	-1,00	-0,150	-1,062	-1,2115	0,0373
39	388,0	-7,00	-1,050	-1,030	-2,0798	0,8683
40	406,0	11,00	1,650	-1,768	-0,1178	1,9620
R ср.	a	Su	Sa	Квантиль $t_{(n-1);0,95}$	t_{стат}	T (лет)
1,532	-0,00358	1,36373	0,04013	1,68	0,09	10,9

Таблица 6. Результаты исследования стабильности органического вещества в стандартном образце почвы чернозем типичный легкосуглинистой (САЧП-03/1)

Table 6. The results of studying the stability of organic matter in the reference material of the chernozem typical light clay soil

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	$\alpha \cdot d_n$	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
1	7,48	0,00	0	0	0	
2	7,22	-0,26	-0,039	0,000	-0,0390	0,0390
3	7,56	0,08	0,012	-0,033	-0,0212	0,0178
4	7,64	0,16	0,024	-0,018	0,0060	0,0272

Продолжение табл. 6
Continuation of Tabl. 6

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	$\alpha \cdot d_n$	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
5	7,83	0,35	0,052	0,005	0,0576	0,0516
6	7,21	-0,27	-0,041	0,049	0,0085	0,0491
7	7,36	-0,12	-0,018	0,007	-0,0108	0,0193
8	7,65	0,17	0,026	-0,009	0,0163	0,0271
9	7,32	-0,16	-0,024	0,014	-0,0101	0,0264
10	7,47	-0,01	-0,002	-0,009	-0,0101	0,0000
11	7,29	-0,19	-0,029	-0,009	-0,0371	0,0270
12	7,73	0,25	0,038	-0,032	0,0060	0,0431
13	7,28	-0,20	-0,030	0,005	-0,0249	0,0309
14	7,43	-0,05	-0,008	-0,021	-0,0287	0,0038
15	7,30	-0,18	-0,027	-0,024	-0,0514	0,0227
16	7,59	0,11	0,016	-0,044	-0,0272	0,0242
17	7,45	-0,03	-0,005	-0,023	-0,0276	0,0004
18	7,68	0,20	0,030	-0,023	0,0065	0,0341
19	7,39	-0,09	-0,014	0,006	-0,0079	0,0145
20	7,43	-0,05	-0,008	-0,007	-0,0142	0,0063
21	7,61	0,13	0,020	-0,012	0,0074	0,0216
22	7,58	0,10	0,015	0,006	0,0213	0,0139
23	7,28	-0,20	-0,030	0,018	-0,0119	0,0332
24	7,31	-0,17	-0,026	-0,010	-0,0356	0,0237
25	7,50	0,02	0,003	-0,030	-0,0273	0,0083
26	7,89	0,41	0,061	-0,023	0,0383	0,0656
27	7,46	-0,02	-0,003	0,033	0,0296	0,0087
28	7,53	0,05	0,007	0,025	0,0326	0,0031
29	7,62	0,14	0,021	0,028	0,0487	0,0161

Окончание табл. 6
End of Table 6

Номер результата, п/п	Результат измерения, X_n , млн ⁻¹	Значения разности, $d_n = X_n - X_1$	α^*d_n	$(1-\alpha)U_{n-1}$	Сглаженное значение разности результатов измерений, U_n	Скользящие размахи, R_n
30	7,38	-0,10	-0,015	0,041	0,0264	0,0223
31	7,28	-0,20	-0,030	0,022	-0,0075	0,0340
32	7,62	0,14	0,021	-0,006	0,0146	0,0221
33	7,76	0,28	0,042	0,012	0,0544	0,0398
34	7,21	-0,27	-0,041	0,046	0,0057	0,0487
35	7,51	0,03	0,004	0,005	0,0094	0,0036
36	7,69	0,21	0,032	0,008	0,0395	0,0301
37	7,36	-0,12	-0,018	0,034	0,0156	0,0239
38	7,42	-0,06	-0,009	0,013	0,0042	0,0113
39	7,85	0,37	0,055	0,004	0,0591	0,0549
40	7,38	-0,10	-0,015	0,050	0,0352	0,0239
R ср.	a	Su	Sa	Квантиль $t_{(n-1);0,95}$	$t_{\text{стат}}$	T (лет)
0,025	0,00030	0,02221	0,00065	1,68	0,46	12,5

Таблица 7. Результаты исследования стабильности почвы дерново-подзолистой легкосуглинистой (САДПП-09/6) на показатели плодородия

Table 7. The results of studying the stability of fertility indicators in the sod-podzolic light loamy soil

Аттестуемая характеристика СО почвы	Аттестованное значение СО A_0	Диапазон допускаемых значений аттестуемой характеристики A_1, A_2	Коэффициент линейной зависимости погрешности СО от нестабильности a	Срок годности экземпляра СО T(мес.)	Зависимость аттестованного значения от срока годности экземпляра СО \hat{A}	Неравенство для оценивания срока годности экземпляра СО $A_1 \leq \hat{A} \leq A_2$
СО почвы дерново-подзолистой легкосуглинистой (САДПП-09/6)						
Подвижный фосфор, млн ⁻¹	157,0	125,6–188,4	0,03064	135	161,1	$125,6 \leq 161,1 \leq 188,4$
Подвижный калий, млн ⁻¹	114,0	96,9–131,1	0,01186	127	115,5	$96,9 \leq 115,5 \leq 131,1$
Органическое вещество, %	3,27	2,78–3,76	-0,00057	172	3,17	$2,78 \leq 3,17 \leq 3,76$

Таблица 8. Сводные данные по оценке стабильности аттестованных характеристик СО почвы дерново-подзолистой легкосуглинистой ГСО 10065–2012 (САДПП-09/6), полученные при проведении МСИ по показателям плодородия почв лесной зоны

Table 8. Summary data on the assessment of the stability of the certified characteristics of the reference material of the sod-podzolic light loamy soil GSO 10065–2012 (SADPP-09/6), obtained during the MSI on indicators of soil fertility of the forest zone

Аттестуемая характеристика	Аттестованное значение, А	Δ_T *	2008		2009		2011		2013		2015		2017		2019	
			X_{cp}	$ A - X_{cp} $												
Подвижные соединения фосфора по методу Кирсанова, млн ⁻¹	157	7	157	0	157	0	157	0	159	2	162	5	163	6	163	6
Подвижные соединения калия по методу Кирсанова, млн ⁻¹	114	3,8	114	0	116	2	115	1	115	1	114	0	113	1	113	1
Органическое вещество, %	3,27	0,11	3,27	0	3,26	0,01	3,18	0,09	3,24	0,03	3,21	0,06	3,27	0	3,24	0,03
Количество лабораторий, участвующих в МСИ			35		45		42		44		43		45		30	

Примечание. * – допускаемое значение погрешности от нестабильности (Δ_T)

Таблица 9. Сводные данные по оценке стабильности аттестованных характеристик СО почвы чернозема типичного легкосуглинистого ГСО 7164–95 (САЧП-03/1) полученные при проведении МСИ по показателям плодородия почв лесостепной и степной зон

Table 9. Summary data on the assessment of the stability of the certified characteristics of the reference material of the soil chernozem typical light clay GSO 7164–95 (SACHP-03/1) obtained during the MSI on soil fertility indicators of forest-steppe and steppe zones

Аттестуемая характеристика	Аттестованное значение, А	Δ_T	1992		1993		1995		1999		2002		2010		2011		2019	
			X_{cp}	$ A - X_{cp} $														
Подвижные соединения фосфора по методу Чирикова, млн ⁻¹	110	2,9	108	2,0	109	1,0	108	2,0	111	1,0	108	2,0	109	1,0	110	0	109	1,0
Подвижные соединения калия по методу Чирикова, млн ⁻¹	107	2,4	107	0	105	2,0	107	0	105	2,0	106	1,0	108	1,0	109	2,0	106	1,0

Окончание табл. 9
End of Table 9

Аттестуемая характеристика	Аттестованное значение, А	Δ_T	1992		1993		1995		1999		2002		2010		2011		2019	
			X_{cp}	$ A - X_{cp} $														
Органическое вещество, %	7,44	0,17	7,54	0,10	7,59	0,15	7,51	0,07	7,50	0,06	7,42	0,02	7,38	0,06	7,48	0,04	7,45	0,01
Количество лабораторий, участвующих в МСИ			18		21		27		26		33		28		31		20	

Таблица 10. Сводные данные по оценке стабильности аттестованных характеристик СО почвы чернозема карбонатного легкосуглинистого ГСО 9320–2009 (САЧКП-05/3) полученные при проведении МСИ по показателям плодородия почв пустынной, полупустынной, сухостепной и степной зон
Table 10. Summary data on the assessment of the stability of the certified characteristics of the reference material of the soil chernozem carbonate light clay Summary data on the assessment of the stability of the certified characteristics of the soil of carbonate light loamy chernozem GSO9320–2009 (SACCP-05/3) obtained during the MSI on indicators of soil fertility in desert, semi-desert, dry-steppe and steppe zones

Аттестуемая характеристика	Аттестованное значение, А	Δ_T	1991		1994		1998		2001		2005		2008		2011		2019	
			X_{cp}	$ A - X_{cp} $														
Подвижные соединения фосфора по методу Мачигина, млн ⁻¹	12,6	0,84	11,9	0,70	12,4	0,2	12,5	0,1	12,3	0,3	12,3	0,3	13,0	0,4	12,2	0,4	12,5	0,1
Подвижные соединения калия по методу Мачигина, млн ⁻¹	398	8,8	406	8,0	398	0	399	1,0	399	1,0	404	6,0	399	1,0	401	3,0	404	6,0
Органическое вещество, %	3,98	0,13	4,02	0,04	3,94	0,04	3,89	0,05	3,93	0,05	4,09	0,11	3,94	0,04	3,91	0,07	3,94	0,04
Количество лабораторий, участвующих в МСИ			18		25		14		22		22		20		25		15	

подвижных соединений фосфора и калия, органического вещества в СО при условии хранения образцов в сухом помещении, в удалении от установок, создающих вибрацию, при отсутствии в воздухе паров реактивов и относительной влажности воздуха не выше 70 %.

На основании сказанного выше авторы установили, что срок годности экземпляра СО почв, аттестованных на показатели плодородия (подвижные соединения фосфора и калия, органическое

вещество), может быть установлен равным 10 лет, при условии мониторинга стабильности аттестованных характеристик.

Благодарности

Исследование проведено на оборудовании ФГБНУ «ВНИИ агрохимии».

Авторы выражают признательность рецензенту статьи за ценные замечания и предложения по тексту.

Вклад соавторов

Ступакова Г. А.: разработка концепции исследования, сбор литературных данных, анализ экспериментальных данных, критический анализ и доработка текста.

Игнатъева Е. Э.: организация экспериментальных работ по аттестации СО в межлабораторных экспериментах, получение и обработка экспериментальных данных.

Щиплецова Т. И.: организация экспериментальных

работ по аттестации СО в межлабораторном эксперименте, обработка экспериментальных данных.

Ветрова Е. Ю.: сбор и обработка экспериментальных данных.

Холяева О. В.: сбор и обработка экспериментальных данных.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка стандартного образца черноземной почвы, аттестованного на показатели плодородия / Г. А. Ступакова [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. 2019. Т. 15, № 4. С. 33–40. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2019-15-4-33-40>
2. Методические указания по изготовлению, исследованию и аттестации стандартных образцов состава почв / Под ред. академика РАН В. Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2018. 56 с.
3. ГОСТ 8.531-2002 ГСИ. Стандартные образцы состава монолитных и дисперсных материалов. Способы оценивания однородности. Издание официальное. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 12 с.
4. Р 50.2.031-2003 ГСИ. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Методика оценивания характеристики стабильности. М.: Госстандарт России, 2003. 10 с.
5. ГОСТ Р 54650–2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартиформ, 2013. 7с.
6. ГОСТ 26204–91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. М.: ИПК Издательство стандартов, 1992. 6 с.
7. ГОСТ 26205–91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. М.: ИПК Издательство стандартов, 1992. 8 с.
8. ГОСТ 26213–91 Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Издательство стандартов, 1992. 6 с.
9. Почвоведение с основами геологии: Учебное пособие для вузов / А. И. Горбылева [др.]. Минск : Новое знание, 2002. 479 с.
10. ГОСТ ISO/IEC17025–2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. М.: Стандартиформ, 2019. 25 с.

REFERENCE

1. Stupakova G. A., Ignatyeva E. E., Shchipitsova T. I., Mitrofanov D. K. Development of a black-earth soil reference material, tested for fertility indicators. Measurement Standards. Reference Materials.2019;15(4):33–40. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2019-15-4-33-40> (In Russ.).
2. Sychev V. G. (Ed.) Guidelines for the manufacture, research and certification of reference materials of soil composition. Moscow: VNIIA; 2018. 56 p.
3. GOST 8.531-2002 State system for ensuring the uniformity of measurements. Reference materials of composition of solid and disperse materials. Ways of homogeneity assessment. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 2003. 12 p. (In Russ.).
4. R50.2.031-2003 State system for ensuring the uniformity of measurements. Reference materials of the composition of substances and materials. Methodology for assessing stability characteristics. Moscow: Gosstandart of Russia; 2003. 10 p. (In Russ.).
5. GOST R54650–2011 Soils. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by Kirsanov method modified by CINAО. Moscow: Standartinform Publ.; 2013. 7 p. (In Russ.).
6. GOST 26204–91 Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Chiricov method modified by CINAО. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 1992. 6 p. (In Russ.).
7. GOST 26205–91 Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Machigin method modified by CINAО. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 1992. 8 p. (In Russ.).
8. GOST 26213–91 Soils. Methods for determination of organic matter. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 1992. 6 p. (In Russ.).
9. Gorbyleva A. I., Andreeva D. M., Vorob'ev V. B., Petrovskii E. I. Soil science: Textbook for universities. Minsk : Novoe znanie; 2002. 479 p. (In Russ.).
10. GOST ISO/IEC17025–2019 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Moscow: Standartinform Publ.; 2020. 13 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ступакова Галина Алексеевна – канд. биол. наук, заведующая лабораторией метрологического обеспечения агроэкологического мониторинга ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а
e-mail: vniiia@list.ru
ORCID: 0000-0002-2846-497X

Игнатьева Елена Эдуардовна – старший научный сотрудник лаборатории метрологического обеспечения агроэкологического мониторинга ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а
e-mail: ignatieva.elena@mail.ru
ORCID: 0000-0002-5585-2302

Деньгина Светлана Анатольевна – старший научный сотрудник лаборатории метрологического обеспечения агроэкологического мониторинга ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а
e-mail: kot9pa_08@mail.ru
ORCID: 0000-0003-2233-8812

Щиплецова Татьяна Ивановна – старший научный сотрудник лаборатории метрологического обеспечения агроэкологического мониторинга ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а
e-mail: vniiia.msi@mail.ru
ORCID: 0000-0001-7996-3069

Митрофанов Дмитрий Константинович – старший научный сотрудник лаборатории метрологического обеспечения агроэкологического мониторинга ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а
e-mail: kot9pa_08@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0119-8832

Ветрова Екатерина Юрьевна – ведущий специалист лаборатории метрологического обеспечения агроэкологического мониторинга ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а
e-mail: katiavetrova@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5893-1420

Холяева Ольга Валерьевна – ведущий специалист лаборатории метрологического обеспечения агроэкологического мониторинга ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а
e-mail: okholyaeva@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-0892-266X

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Galina A. Stupakova – PhD (Biology), Head of the Laboratory of Metrological Support of Agroecological Monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova str., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: vniiia@list.ru
ORCID: 0000-0002-2846-497X

Elena E. Ignatyeva – Senior Researcher of the Laboratory of Metrological Support of Agroecological Monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova str., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: ignatieva.elena@mail.ru
ORCID: 0000-0002-5585-2302

Svetlana A. Dengina – Senior Researcher of the Laboratory of Metrological Support of Agroecological Monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova str., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: kot9pa_08@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0119-8832

Tatiana I. Shchipletsova – Senior Researcher of the Laboratory of Metrological Support of Agroecological Monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova str., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: vniiia.msi@mail.ru
ORCID: 0000-0001-7996-3069

Dmitriy K. Mitrofanov – Senior Scientist of the Laboratory of Metrological Support of Agroecological Monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova str., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: kot9pa_08@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0119-8832

Ekaterina I. Vetrova – Senior Researcher of the Laboratory of Metrological Support of Agroecological Monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova str., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: katiavetrova@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5893-1420

Olga V. Kholiaeva – Senior Researcher of the Laboratory of Metrological Support of Agroecological Monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova str., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: okholyaeva@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-0892-266X