

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

■ СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ / REFERENCE MATERIALS

DOI: 10.20915/2687-0886-2021-17-1-5-20

УДК 547.620.11:006.91:53.089.68

СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ КОРМОВ В СИСТЕМЕ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛАБОРАТОРИЙ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

© Г. А. Ступакова, С. А. Деньгина, Е. Э. Игнатьева, Т. И. Щиплецова, Д. К. Митрофанов

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 – 01 февраля 2021 г., после доработки – 10 марта 2021 г.

Принята к публикации – 20 марта 2021 г.

В статье представлены сведения о разработанных матричных стандартных образцах кормов, аттестованных на показатели качества, питательной ценности и токсикологического загрязнения для метрологического сопровождения аналитических работ в целях подтверждения соответствия продукции требованиям национальных стандартов. Представлены сведения об этапах разработки стандартных образцов кормов (отбор и подготовка материала стандартного образца, исследования неоднородности и стабильности материала стандартного образца). Продемонстрированы результаты аттестации стандартных образцов по аттестуемым показателям, корректность установления которых подтверждена результатами в тридцати аккредитованных лабораториях.

Разработанный стандартный образец шрота подсолнечного зарегистрирован в Государственном реестре утвержденных типов стандартных образцов под номером ГСО 11612–2020. Стандартные образцы соевого шрота соевого кормового тоستированного и комбикорма полнорационного для сельскохозяйственной птицы (бройлеров) утверждены в качестве отраслевых в Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации (Департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений).

Стандартные образцы кормов предназначены для метрологического обеспечения лабораторий агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: стандартный образец, корма, комбикорма, показатели качества, токсикологического загрязнения, межлабораторная аттестация

Ссылка при цитировании:

Метрологического обеспечения лабораторий агропромышленного комплекса / Г. А. Ступакова [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. 2021. Т. 17. № 1. С. 5–20. <http://dx.doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-1-5-20>

For citation:

Stupakova G. A., Dengina S. A., Ignatyeva E. E., Shchipletsova T. I., Mitrofanov D. K. Feed reference materials in the system of metrological support of agro-industrial complex laboratories. *Measurement standards. Reference materials*. 2021;17(1): 5–20. <http://dx.doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-1-5-20> (In Russ.).

FEED REFERENCE MATERIALS IN THE SYSTEM OF METROLOGICAL SUPPORT OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX LABORATORIES

© Galina A. Stupakova, Svetlana A. Dengina, Elena E. Ignatyeva, Tatiana I. Shchipletsova, Dmitry K. Mitrofanov

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

Received – 01 February, 2021. Revised – 10 March, 2021.
Accepted for publication – 20 March, 2021.

The authors provided information about the developed matrix feed reference materials, certified for quality, nutritional value and toxicological contamination indicators for metrological support of analytical work in the article to confirm the compliance of products with requirements of national standards. Information on the stages of development of feed reference materials (selection and preparation of reference material, studies of heterogeneity and stability of feed reference material) is presented. There are demonstrated the results of reference materials certification according to certified indicators, their correctness confirmed by the results of thirty accredited laboratories.

The developed reference material of sunflower meal is registered in the State Register of approved types of reference materials under the number GSO 11612–2020. Reference materials of the composition of toasted soybean feed meal and complete feed for poultry (broilers) are approved as Industry-Specific by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (Department of Plant Production, Mechanization, Chemicalization and Plant Protection).

Feed reference materials are intended for metrological support of agro-industrial complex laboratories.

Keywords: reference materials, feed, compound feed, quality indicators, toxicological pollution, interlaboratory certification

Введение

Кормопроизводство, как самая масштабная и многофункциональная отрасль сельского хозяйства, играет важнейшую роль не только в животноводстве, но и в управлении сельскохозяйственными землями России, обеспечении их продуктивности, устойчивости и рентабельности. Оно связывает воедино растениеводство и животноводство, земледелие и экологию, рациональное природопользование и охрану окружающей среды. От уровня кормопроизводства во многом зависит обеспечение продовольственной безопасности страны.

В России промышленное производство кормов представлено стабильно работающими крупными заводами, расположенными в Московской, Белгородской, Воронежской, Липецкой, Курской, Амурской областях, Республике Алтай и т. д. Ежегодно кормовая отрасль России претерпевает количественные изменения, рынок пополняется новыми предприятиями по производству кормов [1].

По данным Росстата, на сегодняшний день ситуация на рынке кормов в России складывается следующим образом: 83,18 % принадлежит комбикормам, 5,43 % – растительным кормам, 2,03 % – кормам готовым для домашних животных, 0,85 % – добавкам белково-витаминным, 0,58 % – премиксам и 7,94 % – прочим кормам. В 2020 г. объем российского рынка по производству кормов составил около 30 млн тонн [2].

В России разработаны стандарты (технические условия) для оценки кормов, комбикормов, комбикормового сырья, а также стандарты, содержащие правила и методы испытаний, необходимых для целей осуществления подтверждения соответствия кормовой продукции. Одним из важных принципов экспертизы является установление безопасности кормов, когда риск вреда или ущерба для потребителя и окружающей среды ограничен допустимыми уровнями [3]. Помимо безопасности продукция должна обладать определенными показателями качества, которые

должны соответствовать медико-биологическим и санитарным нормам¹.

Обеспечение достоверности результатов измерений при таком многообразии кормов, комбикормов и кормовых добавок, определяемых показателей и используемых методов возможно при использовании соответствующих стандартных образцов (СО).

Мониторинг потребности в СО для метрологического обеспечения измерений показателей качества и безопасности для кормовой продукции показал высокую потребность в этих образцах [4]. На сегодняшний день в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений зарегистрировано шесть утвержденных типов стандартных образцов состава комбикормов².

¹ 1. МДУ № 123–4/281–87 от 07.08.1987 Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках // Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) [сайт]. URL: <https://fsvps.gov.ru/fsvps/laws/6198.html>. (дата обращения: 20.01.2021).

2. МДУ № 434–17 от 01.02.1989 Максимально допустимый уровень микотоксинов в кормах // Консоциум Кодекс [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/12001176923>. Предельно допустимые остаточные количества пестицидов в кормах для сельскохозяйственных животных и методы их определения: утв. Главным государственным ветеринарным инспектором СССР 17 мая 1977 г. № 117–116 // Библиотека нормативной документации [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293754/4293754545.htm>. (дата обращения: 20.01.2021).

4. Нормы предельно допустимой концентрации (ПДК) нитратов и нитритов в кормах для сельскохозяйственных животных и основных видах сырья для комбикормов: принят Заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 17 февраля 1989 г. № 143–4/78–5а // Библиотека нормативной документации [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293738/4293738653.htm>. (дата обращения: 20.01.2021).

5. Инструкция о радиологическом контроле качества кормов. Контрольные уровни содержания радионуклидов цезия-134, -137 и стронция-90 в кормах и кормовых добавках: утв. Главным государственным ветеринарным инспектором РФ 1 декабря 1994 г. № 13–7–2/216 // Библиотека нормативной документации [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293775/4293775952.htm>. (дата обращения: 20.01.2021).

6. Правила бактериологического исследования кормов: утв. Главным управлением ветеринарии Министерства сельского хозяйства СССР 10 июня 1975 г. // Библиотека нормативной документации [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293751/4293751513.htm>. (дата обращения: 20.01.2021).

² ГСО 11268–2019/ГСО 11270–2019 Стандартный образец состава комбикормов (набор КК-1 СО УНИИМ) // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/537354>. Везде даты обращения?

ГСО 9625–2010 Стандартный образец состава комбикорма полнорационного для бройлеров (КПДБ-01) // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/537354>.

Одним из критериев выбора кандидата в СО является его матрица, вещество из которого изготовлен СО. Использование СО с соответствующей матрицей при аттестации и контроле погрешности методики измерения – это единственный способ проконтролировать составляющие погрешности методики измерений, связанные с матричными особенностями анализируемого объекта. Например, погрешности, возникающие на стадии пробоподготовки материала (неполнота разложения пробы, потери при его растворении, улетучивание и др.), или с матричным влиянием при измерениях [5].

Вторым важным критерием при выборе кандидата СО является его аттестованная характеристика, которая бы попадала в установленный диапазон методики измерений [6].

Для метрологического обеспечения работ при оценке качества и безопасности кормов и в рамках Государственной службы стандартных образцов (ГССО) ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» разрабатывает и внедряет в лаборатории АПК отраслевые стандартные образцы (ОСО), стандартные образцы утвержденного типа (ГСО) и межгосударственные стандартные образцы (МСО) кормов, аттестованные на показатели качества (азот (сырой протеин), сырой жир, сырая клетчатка, сырая зола (общая зола), зола не растворимая в соляной кислоте, кальций, фосфор, калий, сахар, крахмал) и показатели токсикологического загрязнения (нитраты, цинк, железо, медь, марганец, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть) [7, 8].

Материалы и методы

Отбор и подготовка исходного материала стандартного образца

Для создания стандартных образцов кормов были закуплены однородные партии: комбикорма полнорационного для сельскохозяйственной птицы (для

gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/390560

ГСО 7420–97 Стандартный образец состава комбикорма полнорационного для кур (КПДК-01) // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/540186>

ГСО 5816–91 Стандартный образец состава комбикорма типа ВСР-РЖ-81 // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/600536>

ГСО 5815–91 Стандартный образец состава комбикорма типа РКС // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/600537>

ГСО 5814–91 Стандартный образец состава комбикормов типа РЗГК-1 // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/600538>

бройлеров в возрасте от 1 до 4 недель включительно), соответствующего требованиям ГОСТ 18221–2018 «Комбикорма полнорационные для сельскохозяйственной птицы. Общие технические условия», весом 100 кг; шрота подсолнечного, соответствующего ГОСТ 11246–96 «Шрот подсолнечный. Технические условия», весом 150 кг; шрота соевого кормового тостированного, удовлетворяющего требованиям ГОСТ Р 53799–2010 «Шрот соевый кормовой тостированный. Технические условия», весом 110 кг (рис. 1).

Отбор и подготовка проб комбикорма полнорационного для сельскохозяйственной птицы (для бройлеров в возрасте от 1 до 4 недель включительно) проводились в соответствии с требованиями [9], шрота подсолнечного и шрота соевого кормового тостированного (ШСКТ-02) в соответствии с [10]. Особое внимание было уделено требованию на отсутствие плесени, затхлого, гнилостного и других посторонних запахов и зараженности какими-либо вредителями.

Среднюю пробу шрота подсолнечного и соевого предварительно измельчали в ступке или на лабораторной мельнице до прохода через сито с отверстиями диаметром 3 мм.

Для прекращения деятельности ферментов исходный материал комбикорма и шротов подсолнечного и соевого подвергался термической обработке в сушильном шкафу при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение одного часа. Сушка проводилась в металлических кюветах (размер 25×25 см), в которые засыпалось около 500 г материала.

Далее исходный материал извлекался из сушильного шкафа и после естественного остывания на воздухе пересыпался в чистые просушенные алюминиевые бидоны с плотно закрывающимися крышками.

При последующем хранении партии СО в течение заявленного срока хранения, материал СО необходимо просушивать не реже одного раза в год при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение одного часа.

Усреднение исходного материала проводилось вручную на полиэтиленовой пленке, расстеленной на полу помещения. Для этого шрот подсолнечный (150 кг) распределялся равномерным слоем на пленке размером 5×5 м. Путем поднятия одной из сторон пленки (за два угла и в середину) усредненный материал перемещался к центру пленки. Таким же образом исходный материал перемещался с другой стороны. Затем аналогичным образом материал перекачивался с двух других сторон и собирался в центре пленки. После этого весь материал заново распределялся ровным слоем на поверхности полиэтиленовой пленки и перекачивался к ее центру. В общей сложности описанная операция повторялась 20 раз.

Расфасовка материала СО проводилась сразу после его усреднения. Для этого пробу массой 100 г брали в виде разовой выемки химическими стаканами с нанесенными на них метками. Отобранные пробы исходного материала помещались в полиэтиленовые пакеты, на которых клеились этикетки с указанием наименования образца, номера и шифра, и запаивались двойным швом с помощью электроприбора «Молния».

Результаты исследований

Исследование однородности материала стандартного образца

Исследование однородности материала СО на аттестуемые показатели проводилась по ГОСТ 8.531-2002 «Стандартные образцы состава монолитных и дисперсных материалов. Способы оценивания однородности».

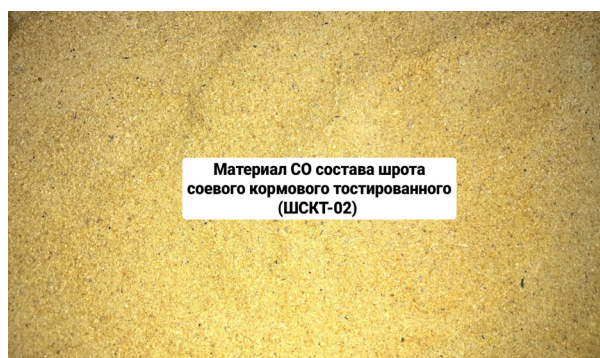


Рис. 1. Материал стандартного образца:

а) ШП – 02 Шрот подсолнечный; б) ШСКТ – 02 Шрот соевый кормовой тостированный

Fig. 1. Reference materials:

а) ShP – 02 Sunflower Meal; б) ShSKT – 02 Toasted soybean feed meal

Исследование однородности материала СО проводилось до начала межлабораторного эксперимента (МЛЭ). Отбор проб для исследования однородности проводился после приготовления материала СО перед его расфасовкой. Результаты исследования однородности компонентов рассчитаны на абсолютно-сухое вещество.

При исследовании однородности материала СО применялись те же методы анализа с той же массой аналитической пробы, что и при проведении межлабораторной аттестации. Анализ каждой пробы проводился в случайной последовательности по всем аттестуемым компонентам.

Исследование однородности материала СО выполняется способом, основанным на многократном измерении содержания аттестуемого компонента в нескольких пробах, отобранных случайным образом от всего материала. Число отбираемых проб (N) определяется по таблице, приведенной в [11], в зависимости от числа измерений (J) и от соотношения:

$$Q = \Delta_{\text{доп.}} / S_{\text{методики измерений}}$$

где: $\Delta_{\text{доп.}}$ – допускаемое значение погрешности аттестованного значения СО;

$S_{\text{методики измерений}}$ – стандартное отклонение повторяемости или промежуточной прецизионности (при различиях по фактору «время»);

$$S_{\text{методики измерений}} \leq \Delta_{\text{доп.}}$$

Анализ проб проводится в 6 параллельных определениях в условиях повторяемости, $J=6$. Расчет коэффициента (Q) и число отбираемых проб для каждого аттестуемого компонента приведены в табл. 1 (на примере шрота подсолнечного).

Из таблицы видно, что число отбираемых проб для каждого аттестуемого компонента – от 13 до 15. Для удобства проведения анализа исследование однородности по всем компонентам проводилось по наибольшему числу отбираемых проб, равному 15.

Таблица 1. Число отбираемых проб для оценивания однородности шрота подсолнечного
Table 1. The number of samples taken to access the uniformity of sunflower meal

Наименование компонента	Единица величины	Допускаемое значение погрешности аттестованного значения СО, $\Delta_{\text{доп.}}$	$S_{\text{методики измерений}}$	$Q = \Delta_{\text{доп.}} / S_{\text{методики измерений}}$	Число отбираемых проб,	Mo/M*
1. Сырой протеин	%	0,56	0,22	2,6	13	1
2. Кальций	%	0,03	0,02	1,5	15	4
3. Фосфор	%	0,08	0,04	2,0	13	4
4. Калий	%	0,05	0,05	1,0	15	4
5. Нитраты	млн ⁻¹	17	12	1,4	15	1
6. Медь	млн ⁻¹	2,3	1,8	1,3	15	1
7. Цинк	млн ⁻¹	6,9	4,7	1,5	15	1
8. Железо	млн ⁻¹	20,6	13,9	1,5	15	1
9. Свинец	млн ⁻¹	0,09	0,07	1,3	15	1
10. Кадмий	млн ⁻¹	0,037	0,030	1,2	15	1
11. Мышьяк	млн ⁻¹	0,003	0,002	1,5	15	1
12. Зола, не растворимая в растворе соляной кислоты с массовой долей 10 %	%	0,02	0,02	1,0	15	1

где Mo/M* – отношение массы отбираемой пробы для исследования однородности к наименьшей представительной пробе для данного компонента.

Математическая модель обработки результатов оценки характеристики однородности материала стандартного образца (на примере шрота подсолнечного) представлена в табл. 2.

Полученные данные об однородности СО шрота подсолнечного обрабатывают по схеме однофакторного дисперсионного анализа:

1. Вычисляют среднее арифметическое значение всех $N \times J$ результатов:

$$\bar{X} = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J \frac{X_{nj}}{(N \times J)}, \quad (1)$$

и J результатов для каждой пробы

$$\bar{X}_n = \sum_{j=1}^J \frac{X_{nj}}{J}. \quad (2)$$

2. Вычисляют суммы квадратов отклонений результатов измерений от средних значений для каждой пробы – SS_e :

$$SS_e = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J (X_{nj} - \bar{X}_n)^2, \quad (3)$$

и средних арифметических для каждой пробы от среднего арифметического всех результатов – SS_H :

$$SS_H = J \times \sum_{n=1}^N (\bar{X}_n - \bar{X})^2, \quad (4)$$

3. Вычисляют средний квадрат отклонений результатов измерений от средних значений для каждой пробы

$$\bar{SS}_e = \frac{SS_e}{[N \times (J - 1)]}, \quad (5)$$

и между пробами

$$\bar{SS}_H = \frac{SS_H}{(N - 1)}. \quad (6)$$

4. Характеристику однородности оценивают по формуле

$$S_H = [(\bar{SS}_H - SS_e) \times (M_0 / M)]^{0.5}, \quad (7)$$

если $SS_H \leq SS_e$, то полагают:

$$S_H = (1/3) \times [\bar{SS}_e \times (M_0 / M)]^{0.5}, \quad (8)$$

Оценка погрешности аттестованного значения СО состава шрота подсолнечного (ШП-02) с учетом погрешности от неоднородности представлена в табл. 3.

Исследования однородности материала СО проводила аккредитованная испытательная лаборатория ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы «Московский», аттестат аккредитации № RA.RU.518301.

Статистическая обработка результатов экспериментальной оценки однородности СО состава шрота подсолнечного (ШП-02), шрота соевого кормового тостированного (ШСКТ-02), комбикорма полнорационного для сельскохозяйственной птицы (для бройлеров в возрасте от 1 до 4 недель включительно) (КПДБ-02) показывает, что материал аттестуемых стандартных образцов однороден по всем исследуемым компонентам.

Аттестация стандартных образцов

При установлении аттестованных значений стандартных образцов состава шрота подсолнечного (ШП-02), шрота соевого кормового тостированного (ШСКТ-02), комбикорма полнорационного для сельскохозяйственной птицы (для бройлеров в возрасте от 1 до 4 недель включительно) (КПДБ-02) и характеристик погрешности аттестованного значения использовали метод межлабораторной аттестации стандартных образцов по алгоритму, изложенному в НД [12].

Таблица 2. Форма представления результатов измерений

Table 2. Form of presentation of measurement results

№ пробы	Номер результата, J					
	1	2	3	4	5	6
1.	X_{11}	X_{12}	X_{13}	-----	-----	X_{16}
2.	X_{21}	X_{22}	X_{23}	-----	-----	X_{26}
3.	X_{31}	X_{32}	X_{33}			X_{36}

15.	X_{151}	X_{152}	X_{153}	-----	-----	X_{156}

Таблица 3. Оценивание погрешности аттестованного значения СО шрота подсолнечного ШП-02 с учетом погрешности от неоднородности

Table 3. Estimation of the error of the certified value of reference material for sunflower meal SHP-02 taking into account the error from heterogeneity

Аттестованная характеристика стандартного образца	Единица величины	Аттестованное значение, \hat{A}	Погрешность межлабораторной аттестации, $\Delta_{\hat{A}}$	Среднеквадратическое отклонение погрешности от неоднородности, S_n	Погрешность аттестованного значения СО с учетом погрешности от неоднородности, $\Delta_{ат} (D_{ат})$	Допускаемое значение погрешности аттестованного значения СО, $\Delta_{доп.}$
1. Сырой протеин	%	37,53	0,35	0,1001	$\pm 0,40$	0,56
2. Кальций	%	0,44	0,01	0,0103	$\pm 0,02$	0,03
3. Фосфор	%	1,22	0,01	0,0071	$\pm 0,02$	0,08
4. Калий	%	1,63	0,01	0,0030	$\pm 0,01$	0,05
5. Нитраты	млн ⁻¹	370	4	0,8819	± 4	17
6. Медь	млн ⁻¹	33,17	0,19	0,0150	$\pm 0,20$	2,3
7. Цинк	млн ⁻¹	99,0	0,3	0,5273	$\pm 1,1$	6,9
8. Железо	млн ⁻¹	211,3	2,0	0,2766	$\pm 2,1$	20,6
9. Свинец	млн ⁻¹	0,73	0,01	0,0068	$\pm 0,02$	0,09
10. Кадмий	млн ⁻¹	0,316	0,002	0,0012	$\pm 0,003$	0,037
11. Мышьяк	млн ⁻¹	0,022	0,001	0,0005	$\pm 0,001$	0,003
12. Зола, не растворимая в растворе соляной кислоты с массовой долей 10 %	%	0,24	0,01	0,0047	$\pm 0,01$	0,02

Для проведения межлабораторного эксперимента для каждого участника были отобраны пробы массой 200 г, достаточной для проведения испытаний. Пробы материала СО поступили в ИЛ в упакованном виде с наклеенной этикеткой.

Аттестация СО осуществлялась по методикам, представленным в табл. 4.

Прослеживаемость результатов измерений, полученных в рамках межлабораторного эксперимента, к единицам СИ была реализована посредством применения поверенных средств измерений тридцатью компетентными Испытательными лабораториями, аккредитованными на соответствие ГОСТ ИСО/МЭК 17025 [13], при строгом соблюдении процедур

Таблица 4. Перечень аттестуемых характеристик и методов измерений, использованных для аттестационных исследований

Table 4. List of attestation characteristics and measurement methods used for attestation studies

Аттестуемый показатель	Методика измерений	Метод измерения
Сырой протеин	ГОСТ 32044.1–2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть 1.	Титриметрический
Кальций	ГОСТ 26570–95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция	Комплексонометрический

Окончание табл. 4
End of Table 4

Аттестуемый показатель	Методика измерений	Метод измерения
Фосфор	ГОСТ 26657–97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. Фотометрический метод определения содержания фосфора	Фотометрический
Калий	ГОСТ 30504–97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно – фотометрический метод определения содержания калия	Пламенно-фотометрический
Нитраты	ГОСТ 13496.19–2015 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания нитратов и нитритов. Ионметрический метод определения содержания нитратов	Ионметрический
Медь, свинец, цинк, кадмий	ГОСТ 30692–2000 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно-абсорбционный метод определения содержания свинца, цинка, кадмия, меди	Атомно-абсорбционный
Железо	ГОСТ 27998–88 Корма растительные. Методы определения железа. Атомно-абсорбционный метод определения железа.	Атомно-абсорбционный
Мышьяк	ГОСТ 26930–86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка	Колориметрический
Зола, нерастворимая в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%	ГОСТ 13979.6–69 Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Методы определения золы. Метод определения массовой доли золы, не растворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%	Гравиметрический
Сырая клетчатка	ГОСТ 31675–2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации	Гравиметрический
Сырой жир	ГОСТ 13496.15–2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира	Гравиметрический
Марганец	ГОСТ 27997–88 Корма растительные. Методы определения марганца	Атомно-абсорбционный
Сахар Крахмал	ГОСТ 26176–91 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов	Фотометрический

измерений к единице «массовой доли», воспроизводимой ГЭТ 176-2019 Государственным первичным эталоном массовой (молярной) доли и массовой (молярной) концентрации компонента в жидких и твердых веществах и материалах на основе кулонометрического титрования³, посредством применения при градуировке

³ ГЭТ 176-2019 Государственный первичный эталон единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твердых веществах и материалах на основе кулонометрии // Фед. информ. фонд

средств измерений стандартных образцов утвержденных типов.

Характеристику абсолютной погрешности аттестованного значения СО оценивали с учетом составляющих погрешности: погрешность установления аттестованного значения СО и характеристика погрешности от неоднородности аттестованного значения

по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/12/items/1382712>.

СО (табл. 3). Результаты межлабораторного эксперимента СО состава шрота подсолнечного приведены в табл. 5, 6.

Значения аттестованных значений СО шрота соевого кормового тостированного и комбикорма полнорационного для сельскохозяйственной птицы (для

Таблица 5. Результаты межлабораторного эксперимента СО состава шрота подсолнечного (ШП-02)
Table 5. Results of interlaboratory experiment of reference material for the composition of sunflower meal (SHP-02)

№ п/п	Среднее значение компонента								
	Нитраты, млн ⁻¹	Свинец, млн ⁻¹	Кадмий, млн ⁻¹	Мышьяк, млн ⁻¹	Сырой протеин, %	Кальций, %	Фосфор, %	Калий, %	Цинк, млн ⁻¹
1	370	0,73	0,316	0,022	37,51	0,44	1,22	1,63	99,00
2	370	0,73	0,316	0,022	37,40	0,44	1,22	1,63	99,00
3	370	0,73	0,315	0,022	37,30	0,44	1,22	1,63	99,00
4	369	0,73	0,315	0,022	37,30	0,43	1,22	1,63	99,01
5	371	0,73	0,315	0,022	37,30	0,43	1,22	1,63	98,90
6	368	0,73	0,315	0,022	37,10	0,43	1,21	1,63	99,10
7	372	0,73	0,315	0,022	37,10	0,43	1,21	1,62	99,10
8	372	0,74	0,314	0,022	37,06	0,43	1,21	1,62	98,80
9	367	0,74	0,314	0,022	38,00	0,43	1,23	1,62	99,20
10	367	0,74	0,314	0,022	38,00	0,43	1,23	1,62	99,20
11	373	0,74	0,314	0,023	37,00	0,45	1,23	1,62	99,20
12	365	0,74	0,314	0,023	37,00	0,45	1,20	1,62	98,70
13	375	0,74	0,318	0,023	38,06	0,45	1,20	1,62	98,70
14	364	0,74	0,318	0,023	38,12	0,45	1,20	1,62	98,60
15	363	0,74	0,313	0,023	38,12	0,45	1,20	1,62	98,60
16	363	0,74	0,313	0,023	38,19	0,45	1,20	1,64	98,50
17	363	0,72	0,319	0,023	38,20	0,42	1,20	1,64	98,49
18	362	0,72	0,320	0,023	36,84	0,42	1,24	1,64	98,48
19	362	0,72	0,320	0,023	36,82	0,42	1,24	1,64	99,46
20	362	0,72	0,320	0,023	36,82	0,42	1,18	1,61	99,50
21	378	0,72	0,320	0,023	36,80	0,46	1,26	1,61	99,80
22	379	0,75	0,320	0,021	36,80	0,46	1,26	1,61	99,80
23	360	0,75	0,320	0,021	38,30	0,47	1,26	1,65	99,90
24	380	0,71	0,311	0,021	36,70	0,47	1,17	1,60	97,80
25	380	0,76	0,310	0,021	38,43	0,41	1,17	1,60	97,60

Окончание табл. 5
End of Table 5

26	359	0,76	0,310	0,021	36,61	0,41	1,27	1,59	101,00
27	384	0,76	0,310		38,50	0,40	1,28	1,67	96,10
28	384	0,70	0,322		36,50	0,40	1,10	1,68	95,70
29	385	0,69	0,340		38,70	0,49	1,05	1,70	94,50
30	349	0,60	0,284		39,18		0,90	1,76	94,00
Медиана	370	0,73	0,315	0,022	37,30	0,44	1,22	1,63	99,0
MAD0	7	0,01	0,004	0,001	0,69	0,02	0,02	0,01	0,4
Ск	21	0,03	0,012	0,003	2,07	0,06	0,06	0,03	1,2
Аттест. значение \hat{A}	370	0,73	0,316	0,022	37,53	0,44	1,22	1,63	99,0
MAD1 (MAD2)	7 MAD1	0,01 MAD2	0,003 MAD2	0,001 MAD1	0,63 MAD1	0,02 MAD2	0,02 MAD2	0,01 MAD2	0,4 MAD2
$S_{\hat{A}}$	10	0,01	0,004	0,002	0,93	0,02	0,03	0,02	0,6
Погреш. межлабор. аттестации $\Delta_{\hat{A}}$	4	0,01	0,002	0,001	0,35	0,01	0,01	0,01	0,3

Таблица 6. Результаты межлабораторного эксперимента СО состава шрота подсолнечного (ШП-02)
Table 6. Results of interlaboratory experiment of reference material for the composition of sunflower meal (SHP-02)

№ п/п	Среднее значение компонента			
	Зола, не растворимая в растворе соляной кислоте, %	Железо, млн ⁻¹	Медь, млн ⁻¹	Цинк, млн ⁻¹
1	0,24	211,2	33,20	99,00
2	0,24	211,0	33,20	99,00
3	0,24	211,0	33,13	99,00
4	0,24	212,0	33,11	99,01
5	0,24	210,3	33,07	98,90
6	0,24	210,0	33,00	99,10
7	0,24	210,0	33,00	99,10
8	0,24	209,7	33,00	98,80
9	0,23	213,0	33,00	99,20
10	0,23	213,3	33,40	99,20

Окончание табл. 6
End of Table 6

11	0,23	209,0	33,40	99,20
12	0,23	214,0	33,40	98,70
13	0,23	208,0	32,90	98,70
14	0,23	208,0	33,50	98,60
15	0,23	216,0	33,50	98,60
16	0,25	206,0	33,50	98,50
17	0,25	204,0	33,50	98,49
18	0,25	219,0	33,50	98,48
19	0,25	220,0	32,82	99,46
20	0,25	220,1	33,60	99,50
21	0,22	220,1	32,70	99,80
22	0,22	202,0	32,60	99,80
23	0,22	221,0	33,80	99,90
24	0,26	201,0	33,80	97,80
25	0,26	200,0	33,80	97,60
26	0,26	226,0	32,40	101,00
27	0,28		32,00	96,10
28	0,32		31,60	95,70
29			31,60	94,50
30			31,20	94,00
Медиана	0,24	211,0	33,12	99,0
MAD0	0,01	4,0	0,38	0,4
Ск	0,03	12,0	1,14	1,2
Аттест. значение \hat{A}	0,24	211,3	33,17	99,0
MAD1 (MAD2)	0,01 MAD2	3,3 MAD2	0,33 MAD2	0,4 MAD2
$S_{\hat{A}}$	0,01	4,9	0,49	0,6
Погреш. межлабор. аттестации $\Delta_{\hat{A}}$	0,01	2,0	0,19	0,3

бройлеров в возрасте от 1 до 4 недель включительно) и неопределенность аттестованных значений приведены в табл. 7.

Допускаемое значение погрешности аттестованного значения СО (Δ_d), приведенное в техническом задании, рассчитывалось как $1/3\Delta$ (Δ – погрешность методики измерений). Характеристику погрешности, обусловленной неоднородностью, учитывали при

оценивании погрешности аттестованного значения СО ($\Delta_{ат}$) по формуле:

$$\Delta_{ат} = \sqrt{\Delta_A^2 + 4 \times S_H^2} \quad (9)$$

Оценка стабильности материала СО

Исследование стабильности СО программой испытаний не предусмотрено. Исходя из опыта работы

Таблица 7. Аттестованные значения СО и границы абсолютной погрешности аттестованного значения СО шрота соевого кормового тостированного при доверительной вероятности $P=0,95$

Table 7. Certified values of reference material and limits of absolute error of certified reference material value of toasted soybean meal at a confidence level of $P=0.95$

Наименование аттестованной характеристики, обозначение единицы величины	Аттестованное значение СО ¹ и границы абсолютной погрешности аттестованного значения СО (при $P=0,95$)	
	шрот соевый кормовой тостированный (ШСКТ-02)	комбикорм полнорацционный для сельскохозяйственной птицы (бройлеров) КПДБ-02
Массовая доля сырого протеина ² , %	48,1±0,5	24,5±0,4
Массовая доля кальция, %	0,73±0,02	1,12±0,02
Массовая доля фосфора, %	1,04±0,03	0,69±0,01
Массовая доля калия, %	2,56±0,02	1,07±0,01
Массовая доля сырой клетчатки, %	4,12±0,04	4,78±0,07
Массовая доля сырого жира, %	2,74±0,04	7,38±0,11
Массовая доля нитратов, млн ⁻¹	102±4	172±7
Массовая доля меди, млн ⁻¹	33,4±0,3	8,63±0,12
Массовая доля цинка, млн ⁻¹	103,9±1,8	89,0±1,6
Массовая доля железа, млн ⁻¹	203±5	254±6
Массовая доля свинца, млн ⁻¹	0,53±0,01	0,64±0,01
Массовая доля кадмия, млн ⁻¹	0,118±0,002	0,109±0,001
Массовая доля мышьяка, млн ⁻¹	0,030±0,001	0,062±0,001
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10 %, %	0,21±0,01	0,32±0,01
Массовая доля марганца, млн ⁻¹	147,0±3,2	105,3±2,6
Массовая доля сахара, %	14,44±0,07	9,14±0,03
Массовая доля крахмала, %	3,64±0,03	33,4±0,2

¹ Аттестованное значение рассчитано на материал, высушенный при (105±2) °С в течение 3 часов (на абсолютно-сухое вещество).

² Коэффициент пересчета массовой доли азота на массовую долю сырого протеина равен 6,25.

с материалом данного типа на протяжении длительного времени было установлено, что в течение предполагаемого срока годности (5 лет) состав и структура материала СО не изменяются при соблюдении условий хранения и исключении воздействия агрессивных химических веществ. Использованы результаты исследования стабильности ранее выпущенных ГСО 10055–2011 СО состава шрота подсолнечного (ШП-01)⁴ и ГСО 9625–2010 СО комбикорма полнорационного для бройлеров (КПДБ-01)⁵, материалы которых являются аналогичными по составу и техническим характеристикам материалам разрабатываемых СО. Срок годности ГСО 10055–2011 и ГСО 9625–2010 установлен 5 лет. Срок годности разрабатываемых СО (шрот подсолнечный, шрот соевый кормовой тостированный и комбикорм полнорационный для сельскохозяйственной птицы (бройлеров) также составляет 5 лет.

В период исследований материал СО хранили в защищенном от света месте при температуре (20±5) °С в закрытой упаковке в сухом, хорошо проветриваемом помещении, не зараженном вредителями при относительной влажности воздуха не выше 70 %, отдельно от реактивов и создающих вибрацию приборов. Работы со стандартными образцами проводили в помещении при отсутствии паров аммиака с защитой от пыли и загрязнения.

Выводы

В результате исследований были разработаны: ГСО 11612–2020 СО состава шрота подсолнечного (ШП-02), зарегистрированный в Государственном реестре утвержденных типов стандартных образцов⁶, срок действия до 07.2025; Отраслевые стандартные образцы шрота соевого кормового тостированного (ШСКТ-02) и комбикорма полнорационного для сельскохозяйственной птицы (бройлеров) (КПДБ-02). Свидетельство на комплект Отраслевых СО утверждено в Министерстве сельского хозяйства Российской

Федерации в 2020 г. (Департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений).



Рис. 2. ГСО 11612–2020 Стандартный образец состава шрота подсолнечного (ШП-02)

Fig. 2. GSO 11612–2020 Reference materials for sunflower meal (ShP-02)

Стандартные образцы кормов предназначены для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений состава шрота подсолнечного и шрота соевого, состава комбикорма полнорационного для сельскохозяйственной птицы (бройлеров), выполняемых по ГОСТ 32044.1–2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть 1. Метод Кьельдаля, ГОСТ 32045–2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания золы, не растворимой в соляной кислоте, ГОСТ 26570–95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция, ГОСТ 26657–97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора, ГОСТ 30504–97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия, ГОСТ 31675–2012 Корма. Методы определения содержания сырой

клетчатки с применением промежуточной фильтрации, ГОСТ 13496.15–2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира, ГОСТ 13496.19–2015 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания нитратов и нитритов, ГОСТ 30692–2000 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно-абсорбционный метод определения содержания меди, свинца, цинка и кадмия, ГОСТ 27998–88 Корма растительные. Методы определения железа, ГОСТ 26930–86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка, ГОСТ 27997–88 Корма растительные. Методы определения марганца, ГОСТ 26176–91 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов, ГОСТ 26176–91 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов.

Стандартные образцы состава шрота подсолнечно-го могут быть использованы при установлении и контроле стабильности градуированных (калибровочных) характеристик средств измерений, испытаниях средств измерений и стандартных образцов в целях утверждения типа при соответствии метрологических характеристик стандартного образца требованиям методики измерений или программы испытаний в целях утверждения типа.

Благодарности

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

Вклад соавторов

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

Деньгина С. А.: составление технического задания; организация экспериментальных работ по аттестации СО в межлабораторном эксперименте; выполнение вычислений; оформление документов по испытаниям СО в целях утверждения типа.

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

Щиплецова Т. И.: организация экспериментальных работ по аттестации СО в межлабораторном эксперименте, обработка экспериментальных данных.

Митрофанов Д. К.: подготовка растениеводческой продукции, усреднение исходного материала, фасовка, упаковка, организация экспериментальных работ по аттестации СО в межлабораторном эксперименте.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова С. А. Кормопроизводство как фактор развития животноводства в современных экономических условиях // Вестник ВНИИМЖ. 2018. № 3(31). С. 139–142.
2. Бастов Д. В. Перспективы развития мирового кормопроизводства // АграрникЪ. 2013. № 10(30). С. 20–22.
3. Основы экспертизы кормов и кормовых добавок // Информационный ресурс agro-archive.ru. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/living-well-withdementia-strategy> [дата обращения: 20.01.2021].
4. Метрологическое обеспечение лабораторий при агроэкологическом мониторинге / Г. А. Ступакова [и др.] // Стандартные образцы. 2015. № 3. С. 71–79.
5. Налобин Д. П., Осинцева Е. В. Стандартные образцы для оценки безопасности и качества пищевых продуктов и продовольственного сырья // Стандартные образцы. 2008. № 2. С. 16–26.
6. Ступакова Г. А., Лунев М. И., Деньгина С. А. Стандартные образцы в оценке качества и безопасности продукции растениеводства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 3. С. 60–65. <http://dx.doi.org/10.24411/2587-6740-2020-13052>.
7. Деньгина С. А., Ступакова Г. А., Иванова В. М. Стандартные образцы растениеводческой продукции с высоким содержанием токсичных элементов // Плодородие. 2018. № 4(103). С. 59–60.
8. Деятельность ВНИИ агрохимии в рамках Государственной службы стандартных образцов (ГССО) / Г. А. Ступакова [и др.] // Плодородие. 2018. № 2. С. 14–16.
9. ГОСТ 13496.0–2016 Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы отбора (переиздание). М.: Стандартинформ, 2020. 13 с.
10. ГОСТ 13979.0–86 Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Правила приемки и методы отбора проб. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 5 с.
11. ГОСТ 8.531-2002 Стандартные образцы состава монолитных и дисперсных материалов. Способы оценивания однородности. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 12 с.
12. ГОСТ 8.532-2002 ГСИ. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Межлабораторная метрологическая аттестация. Содержание и порядок проведения работ. Издание официальное. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 10 с.
13. ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий (Переиздание). Издание официальное. М.: Стандартинформ, 2020. 25 с.

REFERENCE

1. Davydova S. A. Food production as a factor of livestock breeding development in the current economical conditions. *Journal of VNIIMZH*. 2018;(3):139–142.
2. Bastov D. V. Perspektivy razvitiia mirovogo kormoproizvodstva [Prospects for the development of world feed production]. *Agrarnik*. 2013;(10):20–22.
3. Osnovy ekspertizy kormov i kormovykh dobavok [Osnovy ekspertizy kormov i kormovykh dobavok]. In: *Informatsionnyi nekommercheskii resurs agro-archive.ru* [Information non-commercial resource agro-archive.ru]. Available from: <https://www.gov.uk/government/publications/living-well-withdementia-strategy> [Accessed 20 January 2021].
4. Stupakova G. A., Ignat'eva E. E., Pankratova K. G., Den'gina S. A., Gromova T. B., Shchelokov V. I. et al. Metrological support of agrochemical laboratories in agroecological monitoring. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2015;(3):71–79. (In Russ.).
5. Nalobin D. P., Osintseva E. V. Methods of establishing traceability of certified values of certified reference materials. *Reference Materials*. 2008;(2):16–26. (In Russ.).
6. Stupakova G. A., Lunev M. I., Dengina S. A. Reference samples for the quality evaluation and safety assessment of plant products. *International agricultural journal*. 2020;(3):60–65. <http://dx.doi.org/10.24411/2587-6740-2020-13052>.
7. Dengina S. A., Stupakova G. A., Ivanova V. M., Ilyushenko I. V. Reference standards of plant products with high content of toxic elements. *Plodorodie*. 2018;(4):59–60.
8. Stupakova G. A., Ignatyeva E. E., Pankratova K. G., Den'gina S. A., Shchelokov V. I., Schipletsova T. I., Mitrofanov D. K. Activity of the pryanishnikov research institute of agricultural chemistry within the state service of certified reference materials. *Plodorodie*. 2018;(2):14–16.
9. GOST 13496.0–2016 Compound feeds, feed raw materials. Methods of sampling. Moscow: Standartinform Publ.; 2020. 13 p.
10. GOST 13979.0–86 Oilcakes, oilmeals and powdered mustard seed cake. Acceptance rules and methods of sampling. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 2002. 5 p.
11. 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.
12. GOST 8.532–2002 State system for ensuring the uniformity of measurements. Certified reference materials of composition of substances and materials. Interlaboratory metrological certification. Content and order of works. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 2003. 10 p.
13. GOST ISO/IEC 17025–2019 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». Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а
e-mail: vniiia@list.ru
ORCID: 0000-0002-2846-497

Денгина 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

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

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 St., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: vniiia@list.ru
ORCID: 0000-0002-2846-497X

Svetlana A. Dengina – senior researcher of the laboratory of metrological support of agroecological monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova St., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: kot9pa_08@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0119-8832

Elena E. Ignatyeva – senior researcher of the laboratory of metrological support of agroecological monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova St., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: ignatieva.elena@mail.ru
ORCID: 0000-0002-5585-2302

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: vnii.a.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

Tatiana I. Shchipletova – senior researcher of the laboratory of metrological support of agroecological monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova St., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: vnii.a.msi@mail.ru
ORCID: 0000-0001-7996-3069

Dmitriy K. Mitrofanov – senior researcher of the laboratory of metrological support of agroecological monitoring, All-Russian Research Institute of Agrochemistry. 31a Pryanishnikova St., Moscow, 127434, Russian Federation.
e-mail: kot9pa_08@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0119-8832