

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОСНАЩЕННОСТИ СТАНДАРТНЫМИ ОБРАЗЦАМИ ПРИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

*В.Г. Сычев, ак., РАН, Г.А. Ступакова, к.б.н., Д.К. Митрофанов,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт имени Д.Н. Прянишникова»
(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии») 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31А*

Представлены сведения о текущем состоянии обеспеченности стандартными образцами (СО) утвержденных типов для метрологического обеспечения аналитических работ с почвами, растениеводческой продукцией, минеральными удобрениями. Рассмотрена необходимость создания и определена первоочередная номенклатура матричных СО для исследований при агроэкологическом мониторинге и пополнении отечественной базы СО с целью импортозамещения.

Ключевые слова: стандартные образцы, метрологическое обеспечение, агроэкологический мониторинг.

Для цитирования: В.Г. Сычев, Г.А. Ступакова, Д.К. Митрофанов Совершенствование системы метрологического обеспечения в области оснащённости стандартными образцами при агроэкологическом мониторинге/ Плодородие. – 2025. – №1. – С. 5-8. DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.01.

Контроль за состоянием и воспроизводством почвенного плодородия при агроэкологическом мониторинге земель сельскохозяйственного назначения может быть осуществлен только на основе исчерпывающей информации, полученной при агрохимическом, агрофизическом, фитосанитарном и токсикологическом обследованиях. Одним из важнейших условий получения надежной информации в области обеспечения плодородия почв являются научные исследования по изучению показателей плодородия и токсикологического загрязнения с учетом природно-климатических зон, методов их определения, методических подходов к оценке состояния земель, метрологическое сопровождение аналитических работ.

Метрологическое обеспечение агроэкологического мониторинга – это формирование и использование научных и практических основ, средств измерения, регламентирующих документов для достижения единства и требуемой точности измерений. Элементами метрологического обеспечения [1] являются средства измерений, стандартные образцы, нормативные документы и т.д. Объектами метрологического обеспечения являются почвы, минеральные удобрения, растениеводческая продукция (зерно, корма) и др.

В сфере агроэкологического мониторинга действует система стандартизации в соответствии с требованиями нормативных документов: Федерального закона от 26 июня 2008 года №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», Федерального закона от 27 декабря 2002 года №184-ФЗ «О техническом регулировании», Федерального закона от 16.07.1998 № 101-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения, стратегии обеспечения единства измерений Российской Федерации до 2025 года» (утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2017 года №737-р); Плана мероприятий по реализации Стратегии обеспечения единства измерений Российской Федерации до 2025 года (утвержден распоряжением

Правительства Российской Федерации от 9 ноября 2017 г. №2478-р) и ряде других регулирующих документов.

С 01.03.2025г вступает в силу закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» (Федеральный закон от 14.02.2024 № 18-ФЗ). Закон направлен на совершенствование отечественной системы обеспечения единства измерений (ОЕИ), расширяется понятие «эталонной базы» Российской Федерации за счет включения в нее эталонов, принадлежащих юридическим лицам и ИП.

Концепция совершенствования системы метрологического обеспечения (далее концепция) при исследовании таких объектов как почва, растениеводческая продукция, удобрения, ориентирована на испытательные лаборатории (ИЛ) агропромышленного комплекса (АПК). Одни из основных целей концепции – обеспечение единства и требуемого качества измерений и решение задач по импортозамещению в части производства СО. Зоны развития концепции: зона среднесрочного развития (2025-2026 г.) и зона потенциального развития (долгосрочный период 2027-2030 г.). Одна из основных задач при агроэкологическом мониторинге -обеспечение аналитических работ матричными СО для целей государственного регулирования работ и вне сферы государственного регулирования.

В соответствии с законодательством РФ, только утвержденные типы СО, сведения о которых внесены в федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (ФИФ ОЕИ), могут применяться для метрологического обеспечения измерений, проводимых ИЛ в сфере государственного регулирования ОЕИ.

Мониторинг в области обеспечения СО для контроля качества таких объектов, как почва, растениеводческая продукция и минеральные удобрения выявил следующие недостатки:

1. Ограничена номенклатура СО в сфере Государственного регулирования и вне сферы Государственного регулирования. Несмотря на обширную номенклатуру и

количество действующих утвержденных типов СО в нашей стране, в области агроэкологического мониторинга на февраль 2025 г. в Реестр ФИФ ОЕИ внесены и являются действующими на сегодняшний момент матричные Государственные стандартные образцы (ГСО): почвы - 11; кормов - 6; овощей и картофеля - 5; минерального удобрения - 1; пестицидов - 19.

Метрологическое обеспечение измерений, не относящихся к сфере государственного регулирования ОЕИ, может реализоваться посредством применения других категорий СО, к которым можно отнести СО предприятия (СОП) и отраслевые СО (ОСО) [2]. Однако информация по ОСО и СОП носит разрозненный характер, единый реестр этой категории СО отсутствует, сведения по ОСО и СОП можно найти в основном в предлагаемых перечнях торгующих организаций и на сайтах некоторых разработчиков.

2. Не охвачены все направления исследований, в части как объектов (почвы, подвергнутые вторичному засолению, зерно, овощи, картофель, комбикормовая продукция, минеральные удобрения, торф и др.), так и показателей качества (белок, качество и количество клейковины, крахмал, минеральный состав и др.) и безопасности (содержание нефтепродуктов, тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и др.).

В ФИФ ОЕИ отсутствуют ГСО состава зерна, ила, торфа, засоленных почв. Одной из основных нерешенных задач по проблеме засоления почв является их мониторинг, данные по которому не обновлялись с 2000 г. Отсутствие четких критериев при учете площадей засоленных почв затрудняет получение объективной информации и не позволяет достоверно определить изменение площадей засоленных почв во времени. Сегодня мониторинг засоленных почв опирается на базу данных аэро- и космической съемки, и наземной информации, полученной в ИЛ [3]. В связи с разнообразием типов засоленных почв встает задача разработки критериев выбора матриц для создания СО, которые учитывали бы следующие условия: разные типы и гранулометрический состав почвы; разная классификация по типу и степени засоления; диапазоны катионно-анионного состава водной вытяжки, входящие в концентрационный коридор, предусмотренный в отечественных методиках [3].

Для обеспечения контроля точности результатов измерений при проведении почвенного мелиоративного обследования угодий, контроля за состоянием солевого режима почв и других изыскательских и исследовательских работ, необходимы стандартные образцы засоленных почв, аттестованных на катионно-анионный состав водной вытяжки из почвы.

Сегодня такие образцы разрабатываются в институте только ранга ОСО и СОП.

Единичные СО состава растениеводческой продукции разрабатываются при определении показателей качества, таких как содержание азота в зерне, качества и количества клейковины, что является препятствием к повышению эффективности контроля соответствия зерна обязательным требованиям [4-6].

Разработка новых стандартных образцов состава на основе природной почвы, содержащих подвижные формы тяжелых металлов, в концентрациях, превышающих фоновый уровень, а также прогнозных моделей СО на естественной матрице из зон техногенного загрязнения, является своевременным и необходимым условием обеспечения контроля качества измерений содержания тяжелых металлов в почвах в лабораториях АПК [7].

Вследствие отсутствия на сегодняшний день предельно допустимых концентраций (ПДК) в почве ряда подвижных форм тяжелых металлов, таких как кадмий и свинец, и роста числа техногенно загрязненных почв, возникает проблема создания модельных СО с высоким содержанием таких загрязнителей [8-10]. Также необходимо учитывать и концентрационные коридоры методов определения этих элементов в почве, т.к. ряд методик имеет нижние пределы обнаружения на уровне нескольких ПДК [11].

Анализ методов определения тяжелых металлов показал, что необходима разработка СО состава почв, аттестованных на подвижные формы металлов в следующих диапазонах их содержания (мг/кг): меди от 2,0 до 30,0; цинка от 3,0 до 30,0; свинца от 5,0 до 25,0; никеля от 20,0 до 100; кадмия от 1,0 до 7,0; аттестованных на кислоторастворимые формы металлов (мг/кг): меди, цинка от 20-1000; никеля от 100 до 500; свинца от 10,0 до 3000; кадмия от 1,0 до 100 [11].

Содержание нефтепродуктов в почве – один из важнейших показателей при почвенном экологическом мониторинге. К настоящему времени разработан ряд ГСО состава почвы, загрязненной нефтепродуктами. Эти ГСО представляют собой песчаную матрицу, содержащую вазелиновое или турбинное масло (последнее используется потому, что его состав считается в большей мере соответствующим составу сырой нефти по соотношению алифатических и ароматических компонентов). Однако лаборатории АПК анализируют, главным образом, почвы сельскохозяйственных земель и окружающих территорий, основными загрязнителями которых являются нефтепродукты, используемые для дорожной, строительной и сельскохозяйственной техники: топлива (довольно легколетучие нефтепродукты, которые относительно быстро испаряются) и моторные масла [12].

Необходима большая работа по разработке метрологического обеспечения и сопровождения измерений в области определения содержания нефтепродуктов в почвах. При оценке степени загрязнения почв нефтепродуктами влияющими факторами на точность анализа являются метод анализа [13-15], агрохимические показатели [16], влажность почвы [17], ее гранулометрический состав [18], содержание гумуса [19], типовая принадлежность [20].

Практически отсутствуют СО комплексных минеральных удобрений на содержание примесных количеств токсичных элементов, в частности мышьяка. Известно, что количественные величины содержания примесных тяжелых металлов в минеральных удобрениях

различаются в несколько раз в зависимости от сырья и технологии производства [21].

3. Крайне малое количество применяемых СО прослеживается в функционирующих в РФ первичных эталонах. При разработке СО любого ранга обязательным разделом паспорта к СО является раздел о прослеживаемости аттестованных характеристик. Одним из главных принципов прослеживаемости в количественном химическом анализе является обеспечение прослеживаемости к государственным эталонам (ГЭТ). Однако на практике это не всегда возможно ввиду многообразия объектов, показателей и методов их определения. Формулировка утверждения о метрологической прослеживаемости аттестованных характеристик СО устанавливается путем межлабораторного эксперимента и обеспечивается применением поверенных средств измерения, методик измерений, основанных на принципах стехиометрии либо градуировках (калибровках) с применением СО утвержденных типов компетентными ИЛ, аккредитованными на соответствие ГОСТ ISO/IEC 17025.

При аналитических измерениях разных объектов, ввиду их сложности и разнообразия, задача метрологической прослеживаемости вызывает много вопросов и пока далека от решения [22].

Направления совершенствования метрологического обеспечения, которые предстоит решать в ближайшие годы, это, прежде всего, создание комплектов многоэлементных СО состава разных объектов в сфере Государственного регулирования и вне сферы Государственного регулирования, отвечающих потребностям метрологического обеспечения традиционных агрохимических исследований для:

- идентификации и подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов ТР ТС 015/2011, ТР ТС 021/2011 (зерно, овощи, картофель и др.);

- мониторинга почвенного плодородия в разных почвенно-климатических зонах (по содержанию основных показателей плодородия подвижных форм фосфора, калия, величины рН, органического вещества, нитратного и аммонийного азота, обменных кальция и магния) и показателей токсикологического загрязнения (подвижные и кислоторастворимые формы тяжелых металлов, нефтепродуктов);

- агроэкологического мониторинга засоленных почв (разная классификация по типам: хлоридно-сульфатный, хлоридно-натриевый и др. и степени засоления: сильная, слабая; диапазоны катионно-анионного состава водной вытяжки, входящие в концентрационный коридор, предусмотренный в отечественных методиках);

- метрологического сопровождения органического земледелия, для оценки компонентов окружающей природной среды смежной с с.-х. производством (ил, торф, осадки сточных вод);

- обеспечение возможностей для создания СО растениеводческой продукции разного ранга с заданными характеристиками качества;

- расширение перечня контролируемых показателей безопасности в СО разных объектов и продукции за счет

новых потенциально опасных токсикантов (пестицидов) и выбор оптимальных норм точности измерений при контроле качества этих объектов и продукции;

- материальное обеспечение национальных потребностей в разработке новых типов СО;

- формирование единых методологических подходов к проведению испытаний ряда объектов;

- проведение научно-исследовательских работ по стабильности показателей качества и токсикологического загрязнения в разных объектах в условиях естественного старения и научное обоснование сроков хранения СО;

- международное сотрудничество по вопросам разработки межгосударственных стандартных образцов (МСО), ранга КОOMET (Евро-Азиатское сотрудничество государственных метрологических учреждений).

Для обеспечения единства измерений в аналитической службе отрасли необходимы создание и внедрение системы метрологического обеспечения аналитических работ в лабораториях АПК, включающие прогноз потребностей в стандартных образцах, дифференцированный по областям их применения, методологию разработки новых типов стандартных образцов разного ранга, что позволит обеспечить целенаправленное управление качеством измерений в лабораториях АПК и расширит эталонную базу России.

Литература

1. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 января 2018 г. №167 "Об утверждении Концепции создания и развития метрологического обеспечения физико-химических измерений, выполняемых в области пищевой промышленности".
2. Пронин А.Н., Медведевских С. В., Собина Е. П. Система Государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов Российской Федерации // Стандартные образцы в измерениях и технологиях: тез. докладов. Часть «Ru». VI Международная научная конференция, 3–6 сентября 2024 года, г. Екатеринбург, Россия: ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», 2024. С.11-13.
3. Ступакова Г.А., Лунев М.И., Игнатъева Е.Э. Метрологическое обеспечение при агроэкологическом мониторинге засоленных почв //Международный сельскохозяйственный журнал. -2019. -№3. -С.69-72.
4. Ступакова Г.А., Деньгина С.А., Иванова В.М. Подтверждение достоверности результатов оценки химического состава зерновых культур// Земледелие. -2019. -№5. -С.27-30.
5. Ступакова Г.А., Деньгина С.А., Игнатъева Е.Э., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Стандартные образцы кормов в системе метрологического обеспечения лабораторий агропромышленного комплекса // Эталон. Стандартные образцы. -2021. -№1. -С.5-20.
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.
7. Панкратова К.Г., Ступакова Г.А., Игнатъева Е.Э., Щелоков В.И., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Метод разработки стандартных образцов почвы, загрязненной тяжелыми металлами // Плодородие. -2017. -№5. -С.51-52.
8. Ступакова Г.А., Игнатъева Е.Э., Щиплецова Т.И., Деньгина С.А., Митрофанов Д.К. Оценка метрологических характеристик многокомпонентного стандартного образца почвы, загрязненной тяжелыми металлами // Плодородие. -2019. -№3. -С.54-56.
9. Ступакова Г.А., Щелоков В.И., Игнатъева Е.Э., Деньгина С.А., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Методика изготовления и исследования модельных стандартных образцов почв, загрязненных тяжелыми металлами // Проблемы агрохимии и экологии. -2018. -№4. -С.57-61.
10. Ступакова Г.А., Игнатъева Е.Э., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Разработка и исследование стандартных образцов предприятия состава почв, трансформированных техногенным воздействием // Эталон. Стандартные образцы. -2022. -№ 2. -С.19-34.

11. *Ступакова Г.А., Панкратова К.Г., Игнатьева Е.Э., Щелоков В.И., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К.* Проблемы разработки и применения стандартных образцов почв, загрязненных тяжелыми металлами // *Плодородие*. -2017. -№6. -С.41-43.
12. *Ступакова Г.А., Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Игнатьева Е.Э., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К.* Метод изготовления стандартных образцов массовой доли нефтепродуктов в кварцевом песке для метрологического обеспечения экологического мониторинга // *Проблемы агрохимии и экологии*. -2016. -№3. -С.59-63.
13. *Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Латушкина А.А., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К., Ветрова Е.Ю.* Анализ методов определения нефтепродуктов в почве при разных уровнях ее загрязнения. // *Плодородие*. -2024. -№5. -С.86-89.
14. *Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Ступакова Г.А., Стрелетова А.В.* Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 1. Основные предпосылки использования БИК-спектроскопии для оценки загрязнения почв // *Плодородие*. -2012. -№2. -С.49-50.
15. *Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Стрелетова А.В.* Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 7. Возможность определения индивидуальных нефтепродуктов при их совместном присутствии в почве // *Плодородие*. -2013. -№2. -С.47-49.
16. *Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Ступакова Г.А., Стрелетова А.В.* Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 4. Оценка влияния агрохимических свойств почв // *Плодородие*. -2012. -№4. -С.43-45.
17. *Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Ступакова Г.А., Стрелетова А.В.* Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 2. Оценка влияния влажности почвы // *Плодородие*. -2012. -№3. -С.42-43.
18. *Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Ступакова Г.А., Стрелетова А.В.* Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 3. Оценка влияния гранулометрического состава // *Плодородие*. -2012. -№4. -С.53-54.
19. *Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Стрелетова А.В.* Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 6. Оценка влияния содержания гумуса в почвах // *Плодородие*. - 2013. -№1. -С.36-37.
20. *Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Стрелетова А.В.* Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 5. Оценка влияния типовых различий между почвами // *Плодородие*. -2012. -№6. -С.41-42.
21. *Ступакова Г.А., Аканова Н.И., Игнатьева Е.Э., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К.* Разработка методологии оценки состава комплексных минеральных удобрений на содержание мышьяка // *Плодородие*. - 2021. -№6. -С.75-78.
22. *Степановских В.В., Хузагалеева Р.К., Колтакова Е.К.* Метрологическая прослеживаемость матричных стандартных образцов // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. -2023. -№2. -С.21-27.

IMPROVEMENT OF THE METROLOGICAL SUPPORT SYSTEM IN THE FIELD OF EQUIPPING WITH STANDARD SAMPLES FOR AGRO ECOLOGICAL MONITORING

V.G. Sychev, G.A. Stupakova, D.K. Mitrofanov
FGBNU All-Russian Research Institute named after D.N. Pryanishnikova
(FGBNU "VNII Agrochemistry"), 127434, Moscow, Pryanishnikova str., 31A

The article presents information on the current state of provision with standard samples (reference materials) of approved types for metrological support of analytical work with soils, plant products, and mineral fertilizers. The need for creation and priority nomenclature of matrix reference materials for research in agro ecological monitoring and replenishment of the domestic standard samples base for the purpose of import substitution are considered.

Key words: standard samples, metrological support, agroecological monitoring.