

России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Пермь, 25 мая 2016 года. – ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», Пермский институт (филиал). – Пермь: ООО «Радуга», 2016. – С. 49-54.

12. Седов Е.Н., Макаркина М.А. Характеристика сортимента яблони в России по биохимическому составу плодов и задачи его улучшения // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – №3. – С. 18-24.

13. Седова З.А., Леонченко В.Г., Астахов А.А. Оценка сортов по химическому составу плодов / Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – С. 160-168.

14. Сергеева Н.Н., Ярошенко О.В. Влияние удобрений на химический состав яблок в условиях юга России // Аграрная Россия. – 2017. – №8. – С. 19-23.

15. Скорина В.В., Пугачев Р.М. Эффективность комплексных минеральных удобрений при возделывании яблони и черной смородины //

Вестник Белорусской сельскохозяйственной академии. – 2022. – №2. – С. 63-67.

16. Трунов Ю.В. Биологические основы минерального питания яблони. – Воронеж: Кварта, 2013. 428 с.

17. Chen X.S., Han M.Y., Su G.L., Liu F.Z., Guo G.N., Jiang Y.M., Mao Z.Q., Peng F.T., Shu H.R. (2010). Discussion on today's world apple industry trends and the suggestions on sustainable and efficient development of apple industry in China. *Journal of Fruit Science*, 27(4), 598-604.

18. Neilsen G., Neilsen D., Toivonen P., Herbert L. (2008). Annual bloom-time phosphorus fertigation affects soil phosphorus, apple tree phosphorus nutrition, yield, and fruit quality. *HortScience*, 43(3), 885-890.

19. Wang H., Cheng L. (2011). Differential Effects of Nitrogen Supply on Skin Pigmentation and Flesh Starch Breakdown of 'Gala' Apple. *HortScience*, 46(8), 1116-1120.

STUDY OF THE EFFECT OF MINERAL NUTRITION ON SOME BIOCHEMICAL INDICATORS OF THE QUALITY OF 'VENIAMINOVSKOYE' APPLE FRUITS

O.A. Vetrova, candidate of agr. sci., M.A. Makarkina, doctor of agr. sci., L.I. Leontieva, candidate of agr. sci. vetrova@vniispk.ru
**Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Zhilina,
 Orel region, Orel district, Russian Federation**

In 2017-2021, the influence of mineral fertilizers on the chemical composition of 'Veniaminovskoye' apples was studied. The increasing doses of soil and foliar application of nitric and potassium fertilizers did not authentically exert influence on the content of soluble solids, sugars, titrated acids and sugar-acid index in the fruits. It was established that the most significant factor affecting the chemical composition of fruits were the weather conditions of the growing season. The lowest values of the sugar-acid index were noted in the variants both against the background of soil application of maximum doses of nitrogen and potash fertilizers and against the background of maximum doses of soil application with non-root fertilizing.

Key words: apple, mineral fertilizers, soil fertilization, foliar fertilizing, chemical composition of fruit, soluble solids, sum of sugars, titrated acidity, sugar-acid index.

УДК 006.9:(631.41+631.435)

DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.11

СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ ПОЧВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОХИМИИ И ГЕОХИМИИ: НАЗНАЧЕНИЕ, СХОДСТВО И ОТЛИЧИЕ

**И.Е. Васильева¹, д.т.н., Е.В. Шабанова¹, д.ф.-м.н., Г.А. Ступакова², к.б.н.,
 Е.В. Канева¹, к.з.-м.н., А.А. Шакирова¹, Е.Э. Игнатьева²**

¹**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии
 им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук
 (ИГХ СО РАН) 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, д. 1А, e-mail: vasira@igc.irk.ru**

²**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»
 (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии») 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31А, e-mail: vnii@list.ru**

**Аналитические исследования выполнены в ЦКП «Изотопно-геохимических исследований»
 ИГХ СО РАН по теме НИР № 0284-2021-0005**

Представлен список СО почв производства ряда российских и зарубежных производителей. Обсуждаются особенности и взаимосвязи элементного, вещественного и гранулометрического состава СО, применяемых для характеристики почв в агрохимии и геохимии. Установлено, что различия в гранулометрическом составе СО почв не позволяют контролировать как правильность проведения экстракционных процедур, предваряющих химический анализ, так и непосредственно выполнение измерений, включая градуировку методик анализа и контроль качества результатов. Показаны необходимость и возможность разработки универсальных СО состава почв для одновременного применения в научных и хозяйственных задачах агрохимии, экологии и геохимии. Рекомендовано включать в перечень аттестуемых характеристик валовое содержание элементов, агрохимические показатели, описание минерального и гранулометрического состава СО.

Ключевые слова: стандартные образцы состава почв, химические и физико-химические свойства, гранулометрический состав.

Для цитирования: Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Ступакова Г.А., Канева Е.В., Шакирова А.А., Игнатьева Е.Э. Стандартные образцы почв для исследований в агрохимии и геохимии: назначение, сходство и отличие// Плодородие. – 2023. – №2. – С. 47-55. DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.11.

Почва – сложная поликомпонентная и полифункциональная открытая многофазная структурная система поверхностного горизонта суши, продукт комплексного взаимодействия горных пород, живых организмов, рельефа и времени. Хозяйственная деятельность человека изменяет природное состояние этой экосистемы, снижает плодородие сельскохозяйственных угодий, приводит к загрязнению территорий, нарушает естественные процессы самовосстановления почв. Поэтому региональный мониторинг и оценка состояния почв являются необходимыми мероприятиями, обеспечивающими информацией сельскохозяйственные и промышленные предприятия для принятия решений в сферах управления земельными ресурсами (агрономия, экология и геохимия).

При агрохимическом и геоэкологическом оценивании состояния почвенных покровов используют разнообразные методы минералогического и химического анализа [1]. Для аттестации (валидации) существующих и новых методов (методик) химического анализа, градуирования методик химического анализа почв и контроля качества результатов, для сертификационных исследований при разработке новых стандартных образцов (т. е. при оценке средних содержаний аналитов и их неопределенности) и квалификационного (профессионального) тестирования лабораторий используют матричные стандартные образцы (СО) состава почв. Применение СО по целевому назначению, согласно ФЭ-102 [2] и ISO 17025 [3], гарантирует качество и единство химических измерений, выполняемых в разных организациях с использованием разных аналитических методов.

В настоящее время согласно ISO Guide 30 [4] стандартные образцы разделены по уровню надежности установления метрологических характеристик и метрологической прослеживаемости на сертифицированные (ССО) и справочные (референтные) СО (англ. CRM и RM). В Российской Федерации ССО – это государственные стандартные образцы (ГСО) утвержденного типа и справочные образцы (референтные материалы, РМ), т.е. отраслевые стандартные образцы (ОСО), стандартные образцы предприятия (СОП) и контрольные пробы. Некоторые производители отмечают образцы, используемые для контроля качества, аббревиатурой КК (англ. QC).

В современной трактовке стандартный образец – это материальная модель какого-либо вещества, состав и свойства которого исследованы по определенным алгоритмам и подробно описаны опорными характеристиками минерального, валового элементного, изотопного и гранулометрического состава, включая состав и размерность отдельных фаз [5, 6]. Как любая модель СО должен обладать свойствами устойчивости (неизменяемости вещества в конкретном периоде времени) и полноты описания основного и примесного состава (максимальная характеристика валового минерального, элементного, изотопного и гранулометрического состава, а также размерности отдельных фаз). Для любого СО состоятельность информации об аттестованных характеристиках понимается как способность существующих аналитических методов (в их генеральной совокупности) адекватно отражать действительность, что имеет принципиальное значение, так как основывается на непогрешимости принципов аналитической химии и справедливости закона больших чисел [7]. Достоверность статистических расчетов характеристик массовой доли для большого перечня макро- и микроэлементов может быть под-

тверждена с помощью балансовой модели или *R*-теста (Test recovery).

В настоящее время российские ГСО почв утвержденного типа можно разделить на два списка. В первом представлены образцы, в которых аттестованы только агрохимические показатели, отвечающие за плодородие почв. Например, в ГСО 11745-2021¹ – стандартный образец состава почвы дерново-подзолистой легкосуглинистой (САДПП-09/2021) – аттестованы 14 агрохимических показателей: гидrolитическая кислотность, pH, содержание органического вещества, азота нитратов, обменных форм Ca, Mg и аммония, подвижных форм макроэлементов (фосфора, калия и серы) и микроэлементов (бора, цинка, меди, марганца). Второй список ГСО включает типы почв различных географических зон (тундра, степные, лесные, пустынные, солончаковые почвы и др.), вещество которых аттестовано на валовые (общие) содержания от 10 до 70 макро- и микроэлементов. Так, широко известны и используются комплекты дерново-подзолистой супесчаной почвы СДПС (ГСО 2498÷2500-83), краснозема СКР (ГСО 2501÷2503-83), серозема карбонатного ССК (ГСО 2504÷2506-83) и чернозема типичного СЧТ (ГСО 2507÷2506-83)². В веществе комплектов ГСО аттестованы валовые содержания 38-40 макро- и микроэлементов, в том числе Hg, As, Cd и Pb, а также содержания 18-19 микроэлементов указаны как информационные. Эти комплекты и образцы других производителей с аттестованными содержаниями эссенциальных и токсичных и/или условно эссенциальных и условно токсичных элементов используют для градуировки и верификации методик анализа, контроля качества результатов анализа в сферах геоэкологии и рационального природопользования для оценки безопасности окружающей среды. Перечни аттестованных содержаний аналитов в СО из двух списков обычно не пересекаются, за исключением таких показателей как содержание органического углерода ($C_{орг}$) и масса потерь после прокаливании (ППП). Тем не менее, процедуры применения ГСО и РМ почв предусмотрены нормативными документами аналитического контроля как при оценке плодородия почв, так и для оценки безопасности продуктов растениеводства, используемых в рационах человека, домашних животных и птицы. Таким образом, надёжная аналитическая информация по числу и разнообразию характеристик почв необходима одновременно для решения агрохимических и геоэкологических задач при оценке рисков использования сельхозугодий, нередко расположенных вблизи промышленных предприятий (рудники, шахты, ТЭС, золоотвалы, хвостохранилища и др.).

Современные многоэлементные методы анализа, такие как рентгенофлуоресцентная (РФС), атомно-эмиссионная (АЭС) и атомно-абсорбционная (ААС) спектрометрия, масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП) и т.д., являются универ-

¹ Производитель – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова» – ФГБНУ «ВНИИ агрохимии».

² Производители: Научно-производственное объединение «Тайфун» (НПО «Тайфун, Обнинск, Московская обл.) и Научно-исследовательский институт прикладной физики при государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет» (НИИПФ ГОУ ВПО «ИГУ», Иркутск).

сальными методами и обеспечивают определение валовых содержаний аналитов как в твердом веществе почв, так и форм присутствия аналитов при анализе водной, аммонийно-ацетатной вытяжках или других продуктов экстракции химических соединений из почв [5, 6, 8]. Аналитический контроль является необходимой, но экономически затратной стадией получения достоверных данных об исследуемых почвах, при этом стандартные образцы – общепринятый и необходимый инструмент обеспечения единства химических измерений [9]. В то же время аналитикам не всегда удается подобрать и использовать для контроля качества измерений, валидности методик и их градуировки ССО и РМ, соответствующие анализируемым пробам, из-за разнообра-

зия комбинаций свойств и уровней аналитов и матриц, имеющегося в лабораториях оборудования.

Цель исследований – оценить необходимость и возможность разработки универсальных СО состава почв для одновременного применения в научных и хозяйственных задачах агрохимии, экологии и геохимии.

Методика. Для выявления характерных особенностей вещества СО почв, применяемых для аналитического контроля в агрохимии и экогеохимии, сопоставляли их элементный, вещественный и гранулометрический составы. Исследования проведены на 31 ГСО и РМ состава почв ряда российских и зарубежных производителей (табл. 1).

1. Стандартные образцы почв разных производителей

Производитель	Номер по реестру СО	Индекс	Тип почвы	С орг, %	Аналиты
БГГЭ ФГУП «ИМГРЭ», Россия	ГСО 8043-94	ПЧП-1	Чернозем пахотного слоя	3.68±0.07	(1) Валовые содержания макро- и микроэлементов
	ГСО 8044-94	ПЧС-2	Чернозем подпахотного слоя	1.68±0.07	
	ГСО 7186-95	ПЛТ	Лёссовая	0.77	
	ГСО 7184-95	ПКП	Тундровая	4.85±0.08	
	ГСО 7187-95	ПСТ	Лессовый суглинок (солончак)	0.9	
	ГСО 7185-95	ПДП	Дерново-подзолистая	1.26±0.05	
«ВНИИ агрохимии», Россия	ГСО 8097-2002	ПДПВ	Дерново-подзолистая	1.22±0.05	(2) Агрохимические показатели
	ГСО 10064-2012	САСолП-05	Солонец бурый тяжелосуглинистый	2.00±0.08	
	ОСО 32001	САЧП-05/1	Чернозем типичный карбонатный легкосуглинистый	5.22±0.08	
	ОСО 32003	САКашП-05/3	Светло каштановая карбонатная	1.31±0.08	
	ОСО 39101	САЧкП-05/4	Чернозем карбонатный легкосуглинистый	3.40±0.05	
	ОСО 21301	САЧвП-05/7	Чернозем выщелоченный среднесуглинистый	3.84±0.08	
	ОСО 21601	САЧвП-06/11	Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый	5.10±0.10	
	ОСО 31901	САСолП-07/1	Солонец каштановый средний солончаковатый легкосуглинистый	1.61±0.06	
	ОСО 11901	САДПП-07/8	Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая	4.00±0.08	
	ОСО 10902	САДПП-08/6	Дерново-подзолистая супесчаная	1.60±0.06	
IGGE-IRMA, Китай	ГСО 11745	САДПП-09/21	Дерново-подзолистая легкосуглинистая	3.26±0.06	(1) Валовые содержания макро- и микроэлементов
	ГСО 11369	САЧюжП-02	Чернозем южный среднесуглинистый	2.41±0.05	
	CRM GBW 07401	GSS-1	(Темно-коричневая) бурая подзолистая	1.80	
	CRM GBW 07402	GSS-2	Каштановая полупустынная, в окрестностях месторождения меди	0.49	
	CRM GBW 07404	GSS-4	Желтая карбонатная субтропическая	0.62	
CGL, Монголия	CRM GBW 07406	GSS-6	Желто-красная субтропическая	0.806	(1) Валовые содержания макро- и микроэлементов
	CRM GBW 07408	GSS-8	Лёсс	0.31	
НИИПФ ФГБОУ ВПО «ИГУ», Росси	CRM CGL 301	TsH-1	Каштановая	1.42	(1) Валовые содержания макро- и микроэлементов
	CRM CGL 302	H-1	Каштановая	1.70	
ИГХ СО РАН, Россия	ГСО 901-76	СП-1 /ООКО152	Курский чернозем	3.6±0.2	(1) Валовые содержания макро- и микроэлементов
	ГСО 902-76	СП-2 /ООКО153	Московская дерново-подзолистая	0.55±0.07	
	ГСО 903-76	СП-3 /ООКО151	Прикаспийская светло-каштановая	1.70±0.2	
ИГХ СО РАН, Россия	ГСО 3485-86	СГХМ-3	Карбонатно-силикатные рыхлые отложения	Нет данных	(1), (2)
	ГСО 3486-86	СГХМ-4	Алюмосиликатные рыхлые отложения	Нет данных	
	СОП СВ (комплект)	СВ-1	Лесная дерново-карбонатная	2.21	

Гранулометрический состав СО измерен методом лазерной дифракции на лазерном анализаторе HELOS/RODOS (Sympatec GmbH, Германия) [10]. Результаты измерений представлены в таблице 2 и на рисунке. Минеральный состав почвенных СО установлен методом порошковой рентгеновской дифракции на дифрактометре D8 Advance (Bruker AXS, Германия). Кристаллические фазы идентифицированы с помощью Базы данных по-

рошковой дифрактометрии PDF-2 (ICDD, Release 2007) по наилучшему совпадению штрих-диаграмм эталонов с экспериментальной дифрактограммой и индцированы с применением программного обеспечения EVA. Предел обнаружения фаз составляет 1-3%. Расчет относительного содержания минеральных фаз выполнен с использованием полнопрофильного многофазного метода Ритвельда и программного пакета TOPAS 4.2.

2. Гранулометрический состав стандартных образцов почв

СО	Диапазон измеренных размеров частиц, мкм		Фракции размеров частиц (мкм) и их массовая доля (%)							Максимальный размер частиц (мкм) для фракций (%)		
	d_{\min}	d_{\max}	<10	10...<20	20...<30	30...<50	50...<75	>75... d_{\max}	$d_{10\%}$	$d_{50\%}$	$d_{90\%}$	
ПЧП-1	0.45	174	50.0	17.6	15.1	11.1	3.5	2.7	0.94	9.0	42	
ПЧС-2	0.45	206	42.7	18.0	17.4	14.2	4.5	3.2	1.2	12	46	
ПЛТ	0.45	350	55.1	11.8	8.5	7.9	5.3	11.4	0.67	6.8	82	
ПКП	0.45	246	49.8	14.8	11.1	9.9	5.8	8.6	0.74	9.1	68	
ПСТ	0.45	246	56.9	13.7	9.0	7.5	4.5	8.4	0.69	6.6	65	
ПДП	0.45	146	44.0	18.3	17.7	14.1	4.2	1.7	1.1	12	43	
ПДПВ	0.45	350	41.2	13.1	11	11.4	7.6	15.7	1.0	15	99	
САКашП-05/3	9	360	14.4	7.3	7.6	13.3	21.1	36.3	6.4	59	124	
САСолП-05	9	870	14.3	7.2	7.8	11.9	13	45.8	6.5	66	434	
САЧкП-05/4	1.8	610	13.3	8.0	7.8	9.9	7.7	53.3	5.7	84	311	
САДПП-09/21	1.8	730	10.0	10.7	13.0	16.5	9.8	40.0	8.6	50	393	
САСолП-07/1	1.8	730	15.6	10.9	11.9	18.7	14.4	28.5	4.8	42	256	
САЧвП-05/7	1.8	610	7.7	10.3	17.2	26.3	13.2	25.3	11	40	254	
САДПП-07/8	1.8	730	8.0	10.1	13.5	18.0	10.6	39.8	11	51	367	
САЧвП-06/11	9	1030	7.8	8.0	9.5	8.3	5.1	61.3	11	192	531	
САЧюжП-02	9	610	1.2	1.2	1.9	3.1	4.6	88.0	64	208	388	
CGL 301	1.8	174	27.1	14.2	14.4	19.8	13.9	10.6	2.1	25	74	
CGL 302	1.8	174	28.3	14	13.9	19.8	14.6	9.4	2.0	24	71	
СГХМ-3	1.8	122	58.1	18.4	12.2	8.1	2.3	0.9	1.1	6.1	32	
СГХМ-4	1.8	246	60.7	16.8	11.1	6.4	1.8	3.2	1.0	5.0	33	
СВ-1	1.8	146	37.3	17.3	15.6	16.6	8.9	4.3	1.5	15	56	

Примечание. Затемнением выделены фракции частиц, массовая доля которых в порошке составляет более 10 %.

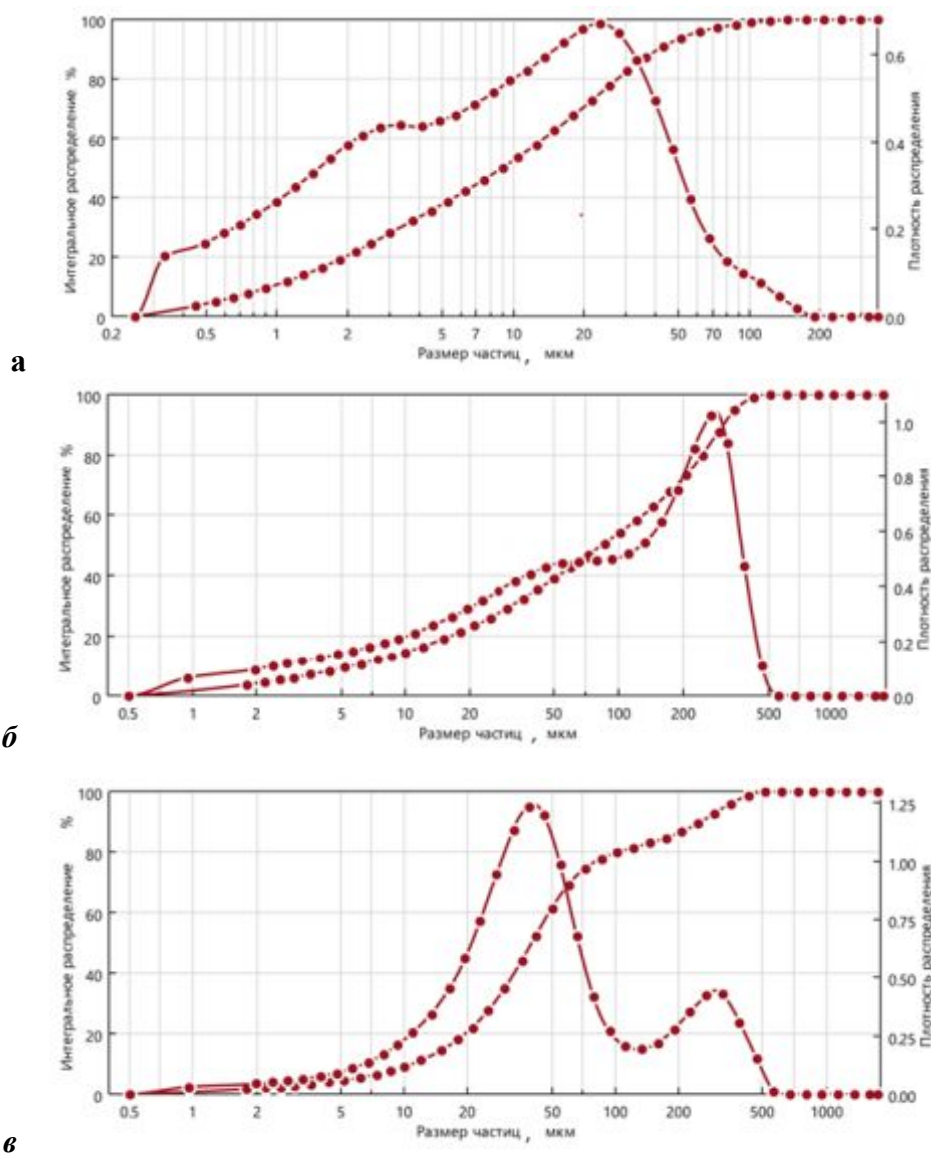


Рис. Распределение частиц по размерам в стандартных образцах почв: а – ПЧП-1 чернозем пахотного слоя (Сорг 3.68%), б – САЧкП-05/4 чернозем карбонатный легкосуглинистый (Сорг 3.40%); в – САЧвП-05/7 чернозем выщелоченный среднесуглинистый (Сорг 3.84%)

Стандартное отклонение определения содержания минеральных фаз для кварца и карбонатов составляет 2-5 % мас., для полевых шпатов и слоистых силикатов может достигать 9 % мас. [11]. Отношения идентифицированных кристаллических фаз (%) представлены без учета органического вещества почв (табл. 3). Для определения валовых содержаний макро- и микроэлементов в почвах использовали метод прямой атомно-

эмиссионной спектроскопии (АЭС) по способам полного испарения проб из канала графитового электрода и вдувания-просейки порошка в дуговой разряд [12-14]. Определение в почвах $C_{орг}$ выполнено по ГОСТ 26213-2021 фотометрическим методом [15], подвижных форм фосфора – по методам Мачигина – ГОСТ 26205-91 [16], Кирсанова – ГОСТ Р 54650-2011 [17] и Чирикова по ГОСТ 26204-91 [18].

3. Относительное содержание минеральных фаз вещества стандартных образцов почв, %

СО	Кварц	Полевые шпаты	Слюды (мусковит*)	Хлорит (клинохлор*)	Амфибол (роговая обманка*)	Другие фазы
ПЧП-1	84	Альбит, анортит 13	~3	–	–	–
ПЧС-2	83	Альбит, анортит 13	~4	–	–	–
ПЛТ	54	Альбит, анортит 23	~5	~5	–	Кальцит 13
ПКП	63	Альбит, ортоклаз 31	–	–	Рихтерит(?) ~6	–
ПСТ	49	Альбит, анортит 20	~5	~5	Рихтерит(?) ~2	Кальцит 13, гипс ~6
ПДП	89	Ортоклаз ~7	~4	–	–	–
ПДПВ	96	–	~4	–	–	–
САСолП-05	72	Альбит, анортит 17	~6	~5	–	–
САЧП-05/1	72	Альбит 11	~7	~6	–	Кальцит ~4
САКашП-05/3	68	Альбит 14	~8	~6	–	Кальцит ~4
САЧкП-05/4	67	Альбит 15	10	~8	–	–
САЧвП-05/7	79	Анортит, ортоклаз 21	–	–	–	–
САЧвП-06/11	74	Альбит, ортоклаз 18	~5	–	–	Монтмориллонит* ~3
САСолП-07/1	70	Альбит, анортит 23	~5	–	–	Монтмориллонит* ~2
САДПП-07/8	77	Альбит, анортит 19	~4	–	–	–
САДПП-08/6	100	–	–	–	–	**
САДПП-09/21	66	Альбит, анортит 19	~5	~5	~5	–
САЧюжП-02	73	Альбит, анортит 18	~5	–	–	Монтмориллонит* ~4
CGL 301	54	Альбит, санидин 36	~5	~5	–	–
CGL 302	49	Альбит, санидин 39	~6	–	~6	–

*Разновидность полевого шпата, хлорита, амфибола, глинистых минералов и слюды определены предположительно по наилучшему совпадению штрих-диаграмм эталонов с экспериментальной дифрактограммой; **В небольшом количестве обнаружена примесная фаза, которую не удалось однозначно идентифицировать.

Результаты и их обсуждение. Почва – «самостоятельное естественно-историческое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности Земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия» [19]. В процессе эволюции почва приобретает ряд внешних признаков, которые отличают ее от горной породы. Эти особенности вносят характерные отличия в процедуры приготовления материала СО состава горных пород и почв. Приготовление вещества любого стандартного образца требует, чтобы материал обладал свойством устойчивости (неизменяемости вещества в конкретном периоде времени). От этого свойства зависит срок годности материала СО, который желательно, чтобы был достаточно большим – 5-10 лет. Влажность почв – важное для развития растений свойство почв, которое зависит от места и времени отбора почв, и придает нестабильность веществу почв. Поэтому при разработке СО почвы высушивают обычно до воздушно-сухого состояния по ГОСТу 5180-2015 [20], чтобы увеличить период времени, когда изменения аттестованных метрологических характеристик СО остаются практически и статистически незначимыми.

Отличительной характеристикой химического состава почв является содержание органического углерода, которое характеризует совокупность всех органических соединений, входящих в состав всех типов почв в виде гумуса (специфических и неспецифических органических соединений), остатков растений и животных орга-

низмов, органоминеральных продуктов их разложения и преобразования при взаимодействии органических и минеральных веществ почвы. В таблице 1 для СО состава почв указаны содержания органического углерода ($C_{орг}$), приведенные в сертификатах и паспортах. Так как в методиках определения $C_{орг}$ не описаны требования к крупности проб почв, детали получения этих данных не уточняются. Однако использование универсальных аналитических методов для определения элементного состава порошков твердых проб требует выполнения условия, что фракция частиц порошка с размерами менее 80 мкм составляет более 80 % [21, 22], т.е. $d_{80\%} \leq 80$ мкм. Поэтому перед аттестационными исследованиями с целью установления метрологических характеристик вещества СО, выполняют измерение гранулометрического состава приготовленных порошков горных пород и почв. В таблице 2 представлены измеренные на лазерном анализаторе частиц гранулометрические составы порошков некоторых почвенных СО из таблицы 1, и приведены диаметры частиц, доля которых составляет 90 % вещества. Отличия гранулометрических составов СО черноземов наглядно демонстрируют графические представления распределений частиц по фракциям (см. рис.). Информация о крупности порошков почвенных СО производства БГЭ в паспортах отсутствует, но экспериментальные данные для шести ГСО, за исключение образца ПДПВ, соответствуют требованиям, которые предписаны современными аналитическими методами к анализируемым пробам и СО. В сертификатах к СО производства Китая и Монголии указано соответствие гранулометрических составов этим требованиям, что подтверждается новыми экспериментальными данными для порошков CGL-301 и CGL-302 (каштановые почвы). Измерения,

выполненные на лазерном анализаторе, для порошков СО современных почв СГХМ-3 и СГХМ-4 (производитель ИГХ СО РАН) хорошо согласуются с данными ситового анализа, представленными в паспортах, и требованиями методик анализа. Все порошки СО почв (производитель «ВНИИ агрохимии») оказались значительно крупнее и не могли быть использованы для элементного анализа методами АЭС с дуговым разрядом или индуктивно связанной плазмой (АЭС-ДР или АЭС-ИСП), ААС или РФС. Однако верхние границы диапазона измеренных диаметров частиц (см. табл. 2) оказались < 2500 мкм, что соответствует требованиям ГОСТа 5180-2015 [20]. Поэтому потребовалось их предварительное доизмельчение вещества почв перед выполнением химического анализа, что, в некоторых случаях, может привести к изменению элементного состава пробы (потеря анализата или заражение). При определении агрохимических показателей крупность порошка пробы тоже может влиять на результаты измерения аналитического сигнала, так как методики определения обменных и подвижных форм элементов используют процессы экстракции, скорость и полнота которых зависит не только от соотношения массы твердой фазы и объема экстрагента, но и от размеров частиц пробы. Возможно, высокая вариабельность таких агрохимических показателей как обменные и подвижные формы эссенциальных элементов, установленная в [23, 24] даже для стандартных образцов одинаковых типов почв, но имеющих разные гранулометрические составы, связана именно с эффектами влияния на протекание экстракционных процессов присутствия фракций частиц порошка почвы разного размера. Однако в методиках [16, 18] определения подвижных форм фосфора и калия гранулометрический состав порошка анализируемой пробы не нормируется. Сравнение экстракционных схем BCR и Тесье [25, 26] выполнено для ССО с одинаковым гранулометрическим составом – фракцией частиц порошков < 125 мкм.

Результаты определения минерального состава некоторых почвенных СО разных производителей методом порошковой дифрактометрии представлены в таблице 3. Вне зависимости от природно-климатического зонирования мест отбора материала, минеральный состав СО представлен большим количеством кварца, полевых шпатов, слюды и глинистых минералов. Монтмориллонит, гидратированные слюды, природные хлориты и амфиболиты являются продуктами выветривания алюмосиликатов и силикатов магматических и метаморфических подстилающих пород. Присутствие кальцита и гипса в почве характерно для карбонатных подстилающих пород. Необходимо отметить, что фракции частиц разной крупности различаются по минеральному составу (табл. 4).

4. Относительное содержание минеральных фаз в исходной пробе почвы СВ-1 и в её фракциях, %

Проба СВ-1, фракции частиц разного размера (мм)	Кварц	Полевые шпаты (Са-альбит, На-анортит)	Слюды (мусковит)	Хлорит (клинохлор)	Амфибол (актинолит)
Исходная	49	39	~4	~3	~5
< 0.080	45	33	8	9	5
> 0.080 – 0.125	47	35	6	7	5
> 0.125- 0.2	53	35	~3	4	5
> 0.2 – 0.5	53	35	8	~2	~2
> 0.5 – 1.0	58	36	~2	~3	~1

Усредненные результаты определения валовых содержаний макро- и некоторых микроэлементов в пробах почвенных СО, полученные с использованием прямых атомно-эмиссионных методик, приведены в таблице 5. Такие данные для СО, с аттестованными агрохимическими показателями, производства «ВНИИ агрохимии» отсутствуют в сертификатах и публикациях. В таблице 5 также представлены аттестованные и найденные результаты АЭС анализа СО почв, используемых в геоэкологических исследованиях. Их сравнение подтверждает правильность полученных новых данных. Также продемонстрирована согласованность результатов определения валовых содержаний элементов в российских, китайских и монгольских почвенных СО разного состава и генезиса.

Таким образом, появилась возможность оценить в 11 почвенных СО производства «ВНИИ агрохимии» соотношение подвижных форм и валового содержания фосфора – одного из важных элементов питания растений. В таблице 6 представлены аттестованные содержания подвижных форм фосфора и валовое (общее) содержание фосфора – $P_{\text{общ}}$. В шести СО подвижные формы фосфора определены методом Мачигина – $P_{\text{подвМ}}$ [16], в трех СО – по методу Кирсанова $P_{\text{подвК}}$ [17] и в двух СО – по методу Чирикова – $P_{\text{подвЧ}}$ [18]. Коэффициент корреляции между содержаниями $P_{\text{общ}}$ и подвижных форм, определенных разными методиками, составил 0,72 ($n=11$), что указывает на наличие связи между валовым содержанием фосфора и оценками содержания подвижной формы фосфора в почве. Однако, коэффициент корреляции оказался существенно меньше для $P_{\text{подвМ}}$ и $P_{\text{общ}}$ и равен 0,52 ($n=6$), что свидетельствует об очень слабой связи этих величин. Для корректных статистических оценок и окончательных выводов расчет корреляции между $P_{\text{общ}}$ и содержанием подвижных форм по методикам Кирсанова ($P_{\text{подвК}}$) или Чирикова ($P_{\text{подвЧ}}$) не имеет смысла из-за малого числа данных. Тем не менее, анализ корреляции между извлекаемыми формами макроэлементов фосфора и калия и показателями плодородия почвы для конкретных типов почв и климатических регионов является основой для принятия решений о внесении фосфорно-калийных удобрений с целью повышения плодородия почвы [27, 28]. Кроме того, весьма ограниченные сведения о химическом составе почв (даже для материала ранга ГСО) не позволяют использовать балансовую модель для оценивания достоверности аттестованных характеристик о формах присутствия элементов. Поэтому необходимо более глубокое изучение вещества почв, рекомендуемых для использования в качестве стандартных образцов состава. Например, в сертификатах ССО порошков морских осадков HISS-1 и PACS-3 (NRC, Канада) с размером частиц < 125 мкм представлены валовые (общие) содержания фосфора, калия и других элементов, а также формы присутствия этих элементов в экстрактах и осадке [25, 26]. Такая информация позволяет контролировать правильность как проведения экстракционных процедур, предваряющих химический анализ, так и непосредственно выполненных измерений, включая градуировку методик анализа и контроль качества результатов. Исследование вещества почв – кандидатов в стандартные образцы – должно включать оценку вкладов погрешностей отдельных этапов анализа в общую погрешность (неопределенность) аттестуемых метрологических характеристик, особенно для наиболее важных агрохимических показателей. Это обеспе-

чит возможность оценить применимость (надёжность) методик химического анализа почв, используемых для определения агрохимических показателей плодородия, и предложить направления их совершенствования при использовании современных методов исследования вещества.

5. Найденные и аттестованные валовые содержания элементов в некоторых стандартных образцах почв для агрохимических и геоэкологических исследований

CO	Si	Al	Mg	Ca	Fe	Na	K	F	Ba	Sr	P	B	Mn	Ti	Ni	Co	V	Cr	Be	Sc	Ga	Cd	Pb	Cu	Zn	Zr	Y
	%							10 ⁻⁴ %							10 ⁻⁴ %												
САСол П-05	28.7	5.71	1.09	0.53	3.09	1.1	2.0	270	470	180	480	76	620	3440	46	13	90	110	1.9	12.5	10.7		13	32	73	270	24
САЧП-05/1	26.9	7.00	1.16	2.3	3.76	1.08	2.0	**	600	170	800	69	800	4200	50	15.5	110	100	2.3	15.6	14		21	37	110	210	33
САКаш П-05/3	32.6	5.66	0.73	1.29	2.61	1.09	2.0		450	130	520	49	427	3380	34	11	81	99	1.6	9.5	8		12.6	18	79	250	18
САЧкП-05/4	24.4	5.66	0.91	1.4	3.35	0.94	2.0		450	120	890	59	706	3760	39	14	110	71	2	13.4	11		17.9	33	105	180	29
САЧвП-05/7	28.7	3.41	0.31	0.60	1.33	0.62	1.7		440	100	480	42	328	3060	19	6.3	41	47	1.1	7.2	5		8.8	12	58	490	28
САЧвП-06/11	30.1	4.73	0.60	0.70	2.46	0.71	2.0		520	120	640	50	671	4050	26	12	72	70	1.7	10.8	7		12.1	21	82	380	36
САСол П-07/1	32.8	5.97	0.82	0.73	2.51	0.8	2.0		600	160	380	50	753	4100	32	13	75	130	1.6	9.9	9		14.2	22	76	350	25
САДПП П-07/8	27.6	4.84	0.68	1.2	2.02	1.33	2.0		610	150	1210	48	558	3410	21	9.5	54	66	1.2	9.3	8		11.9	20	78	320	26
САДПП П-08/6	33.7	1.08	0.26	0.30	0.60	0.62	0.3		460	120	490	30	683	1090	8.2	4	22	29	0.4	2.5	<4		4.8	11	78	160	<7
САДПП П-09/21	32.4	6.47	0.84	0.95	2.99	1.51	2.0		690	160	850	45	920	4190	31	13	76	100	1.6	10.5	11		16.7	17	79	350	17
САЧюж П-02	31.7	7.47	1.62	1.51	4.44	1.65	2.5		490	220	750	29	920	3540	97	17	110	270	1.6	16.3	10		10.7	41	82	120	15
СВ-1	28.4	7.76	1.49	4.16	3.02	3.1	2.0		880	350	790	23	750	3220	58	11	73	140	1.7	12	10		19.6	25	104	150	28
ПЧП-1	29.4	5.33	0.61	1.17	2.51	0.88	2.0	360	560	120	820	47	620	4300	28	11	73	67	1.6	11.3	7	0.37	14	24	59	350	45
ПЧП-1	31.40	5.53	0.56	0.88	2.62	0.59	1.95	330	510	120	1004	44	720	4675	37	12	82	83	2.3	13	13		19	22	59		
ПЧС-2	28.7	5.21	0.68	0.87	2.32	0.96	2	340	600	100	520	48	556	3970	27	10	69	68	1.7	10.4	9	0.37	14.7	21	58	360	36
ПЧС-2	33.28	5.9	0.64	0.83	2.80	0.64	2.04	330	480	120	567	48	589	4795	39	12	90	85	2.7	14	14		17	22	56		
ПЛТ	29.4	5.74	1.58	7.59	2.52	1.56	1.5	390	510	330	560	40	530	3200	25	8.9	80	60	1.7	11.5	7	0.63	11.1	16	47	110	18
ПЛТ	28.29	5.47	1.30	6.94	2.41	1.50	1.50	380	360	280	511	40	558	2997	29	9.5	78	60	1.9	14	11		16	19	46		
ПСТ	21.8	6.17	3.07	8.4	3.14	2.38	1.5	580	480	710	640	72	651	3180	48	11	89	72	1.9	13.5	12	0.86	16.1	25	62	110	24
ПСТ	21.53	5.65	2.36	8.56	2.87	2.56	1.67	560	360	550	563	72	604	2997	36	11	88	73	1.9	14	11		15	27	63		
ПДП	38.1	5.37	0.55	0.74	2.02	1.18	2.0	300	680	170	520	46	744	4190	21	10	58	64	1.4	8.2	8	0.30	15.4	13	58	400	34
ПДП	39.10	5.08	0.46	0.61	1.56	0.34	2.11	280	510	124	559	40	713	5035	28	12	65	73	1.9	12	14		21	16	53		
GSS-8	27.0	6.17	1.57	6.3	3.3	1.5	2.0		500	290	840	50	690	3700	40	17	100	60	2	15	15	0.15	20	20	70	200	35
GSS-8	27.55	6.31	1.43	5.79	3.02	1.27	2.01		480	236	775	54	650	3800	32	12.7	81.4	68	1.9	11.7	14.8	0.13	21	24.3	68	400	
СП-2	35.9	5.65	0.40	0.53	2.05	0.816	2.0	230	540	127	400	47	600	4240	25	11	54	77	1.6	10	9.1	0.47	15	19.4	45	440	25
СП-2	36.59	5.06	0.46	0.58	2.08	0.85	2.05	210	530	120	327	43	542	5040	25	10	64	80	1.5	9.4	8.5		14	17	45		

Примечания. Жирным шрифтом выделены аттестованные содержания в ГСО и CRM. Пустые клетки – нет данных.

6. Соотношение содержания общего фосфора и его подвижных форм в почвенных СО

Индекс СО	Тип почвы	Содержание фосфора, 10 ⁻⁴ %				% подвиж- ной формы от общего содержания
		Общее	Подвижная форма			
			по Мачигину	по Кирсанову	по Чирикову	
САСолП-05	Солонец бурый тяжелосуглинистый	480	22.3			4.6
САЧП-05/1	Чернозем типичный карбонатный легко- суглинистый	800	38.7			4.8
САКашП-05/3	Светло- каштановая карбонатная	520	12.7			2.4
САЧкП-05/4	Чернозем карбонатный легкосуглинистый	890	21.0			2.4
САЧвП-05/7	Чернозем выщелоченный среднесуглини- стый	480			93	19.4
САЧвП-06/11	Чернозем выщелоченный тяжелосуглини- стый	640			56	8.8
САСолП-07/1	Солонец каштановый средний солончако- ватый легкосуглинистый	380	10.0			2.6
САДПП-07/8	Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая	1210		950		78.5
САДПП-08/6	Дерново-подзолистая супесчаная	490		109		22.2
САДПП-09/21	Дерново-подзолистая легкосуглинистая	850		162		19.1
САЧюжП-02	Чернозем южный среднесуглинистый	750	12.9			1.7

Закключение. Реестр утвержденных типов СО состава почв представлен образцами, которые применимы только при агрохимических исследованиях (аттестованы только агрохимические показатели) или для выполнения геолого-геохимического мониторинга состояния почв (валовые содержания макро- и микроэлементов, включая токсичные), что лишь частично отвечает определению «стандартный образец». В современной трактовке стандартный образец – это материальная модель какого-либо вещества, состав и свойства которого исследованы по определенным алгоритмам, подробно описаны опорными характеристиками валового минерального состава.

рального, элементного, изотопного и гранулометрического состава, а также состава и размерности отдельных фаз, которые согласованы между собой.

Для выявления характерных особенностей вещества СО почв, применяемых для аналитического контроля в агрохимии и экогеохимии, сопоставлен их элементный, вещественный и гранулометрический состав.

При агрохимическом и геоэкологическом оценивании состояния почвенных покровов используют разнообразные методы определения минералогического и химического анализов, надежность результатов которых обеспечивается матричными стандартными образцами. Ограниченные сведения о химическом составе СО почв не позволяют использовать балансовую модель для оценивания достоверности аттестованных характеристик о формах присутствия элементов.

Выполненные аналитические исследования элементного, вещественного и гранулометрического состава стандартных образцов почв производства ряда российских и зарубежных производителей, применяемых для аналитического контроля в агрохимии и геоэкологии, помогли выявить их особенности и отличительные характеристики. Значимые различия в гранулометрическом составе СО почв не позволяют контролировать правильность как проведения экстракционных процедур, предваряющих химический анализ, так и непосредственно выполнения измерений, включая градуировку методик анализа и контроль качества результатов даже при установлении только агрохимических показателей. Таким образом, необходимо при исследовании вещества почв – кандидатов в стандартные образцы – включать в список аттестуемых характеристик как агрохимические показатели, так и валовые содержания элементов, описание минерального и гранулометрического состава порошков. Это будет способствовать выявлению связей между разными характеристиками почв и их плодородием. Использование единого подхода к созданию и применению по целевому назначению универсальных СО почв сократит экономические затраты на аналитические работы в агрохимии и экогеохимии.

Литература

1. Пансю М., Готеру Ж. Анализ почвы. Справочник. Минералогические, органические и неорганические методы анализа. Пер. 2-го англ. изд. Под ред. Д.А. Панкратова. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2014. – 800 с.
2. Об обеспечении единства измерений: [федер. закон Рос. Федерации 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 11 июня 2008 г.: одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 18 июня 2008 г. (в редакции от 27 декабря 2019 г. № 496-ФЗ)]. – Рос. газета, 2019. – 28 с.
3. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий (перездание). Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2020. – 25 с.
4. ГОСТ ISO Guide 30-2019 Стандартные образцы. Некоторые термины и определения. Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.
5. Васильева И.Е., Шабанова Е.В. Стандартные образцы геологических материалов и объектов окружающей среды: проблемы и решения // Журнал аналитической химии. – 2017. – Т. 72. – № 2. – С. 129-146. <https://doi.org/10.7868/S0044450217020141>.
6. Васильева И.Е., Шабанова Е.В. Стандартные образцы растительных материалов – инструмент обеспечения единства химических измерений // Журнал аналитической химии. – 2021. – Т. 76. – № 2. – С. 99-123. <https://doi.org/10.31857/S0044450221020146>.
7. Хитров В.Г., Белоусов Г.Е., Божжевольнова Н.А., Галудзина А.И., Доброниченко В.В., Земцова Л.С., Копылова Л.Ф., Семенов Б.П. Надежность анализа горных пород (факты, проблемы, решения) – М.: Наука, 1985. – 302 с.
8. Bacon J.R., Butler O.T., Cairns W.R.L., Cavoura O., Cook J.M., Davidson C.M., Kraus R.M. Atomic spectrometry update – a review of advances in environmental analysis // J. Anal. At. Spectrom. – 2022. – № 37. P. 9-49. <https://doi.org/10.1039/d1ja90054d>.
9. Olivares I.R.B., Souza G.B., Nogueira A.R.A., Toledo G.T.K., Marck D.C. Trends in developments of certified reference materials for chemical analysis – focus on food, water, soil, and sediment matrices // TrAC (Trends in Analytical Chemistry). – 2018. – № 100. – P. 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.12.013>.
10. Васильева И.Е., Таусенев Д.С., Бусько А.Е., Землянюк П.В., Шабанова Е.В., Забанов Ю.А., Манохина С.Н. Изучение гранулометрического состава порошков стандартных образцов природных сред // Стандартные образцы. – 2015. – № 1. – С. 39-49.
11. Smelyy R.V., Kaneva E.V., Oshchepkova A.V., Bychinskii V.A., Aisueva T.S., Shchetnikov A.A., Pashkova G.V., Yakimov I.S., Finkelshtein A.L. Determination of the mineral composition of the lake bottom sediments by X-ray diffraction method and physico-chemical modelling // J. Sib. Fed. Univ. Chem. – 2019 – V. 12. – № 3. – P. 382-394.
12. Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Забанов Ю.А., Бусько А.Е. Применение МАЭС для исследования вещества стандартных образцов состава природных и техногенных сред // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2015. – Т. 81. – № 1. – С. 22-29.
13. ФР.1.31.2015.20474 Определение массовых долей фтора в порошковых пробах. Методика количественного химического анализа горных пород, рыхлых отложений, донных осадков, почв, зол, шлаков, руд и продуктов их переработки методом дуговой атомно-эмиссионной спектроскопии с фотоэлектрической регистрацией спектров и введением вещества в дуговой разряд по способу вдувания-просеивки. – Иркутск: ИГХ СО РАН, 2014. – 26 с.
14. ФР.1.31.2020.36185 Методика измерений массовых долей элементов в порошках органоминеральных проб методом атомно-эмиссионной спектроскопии с непрерывным введением вещества в плазму дугового разряда и интегральной регистрацией спектров фотодиодными линейками. – Иркутск: ИГХ СО РАН, 2019. – 42 с.
15. ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества. Издание официальное. – М.: Изд-во стандартов, 2021. – 8 с.
16. ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.
17. ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.
18. ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. – М.: Стандартинформ, 2013. – 8 с.
19. ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения. Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2008. – 9 с.
20. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.
21. Лонцх С.В., Петров Л.Л. Стандартные образцы состава природных сред. – Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение, 1988. – 277 с.
22. Лесс В.Р., Экхардт С., Кеттнер М. Практическое руководство для лаборатории. Специальные методы: пер. с нем. 2-го изд. под ред. И.Г. Зенкевича, Н.А. Шурдубы, И.В. Болдырева. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2014. – 472 с.
23. Ступакова Г.А., Лапушкина А.А., Игнатъева Е.Э., Ветрова Е.Ю. Выявление корреляционной зависимости между показателями плодородия в стандартных образцах дерново-подзолистой почвы разного гранулометрического состава // Плодородие. – 2022. – № 4. – С. 45-49. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.127.13>.
24. Ступакова Г.А., Лапушкина А.А., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К., Холяева О.В. Вариабельность содержания показателей плодородия в стандартных образцах разных типов почв // Плодородие. – 2022. – № 5. – С. 11-16. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.128.03>.
25. Kumkrong P., Mercier P.H.J., Pihilligawa I.G., Mihai O., Tyo D.D., Cindy J., Kingston D.M., Mester Z. Determination of 27 metals in HISS-1, MESS-4 and HISS-1 marine sediment certified reference materials by the BCR sequential extraction // Talanta. – 2021. – V. 221. – article: 121543. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121543>.
26. Kumkrong P., Mihai O., Mercier P. H. J., Pihilligawa I.G., Tyo D.D. Tessier sequential extraction on 17 elements from three marine sediment certified reference materials (HISS-1, MESS-4, and PACS-3) // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2021. – V. 413. – P. 1047+1057. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-03063-z>.
27. Angelova A., Genova N., Stoyanova S., Surleva O., Nekov I-H., Ilieva D., Surleva A. Comparative study of soil test methods for determination of plant available potassium in Bulgarian arable soils // Analytics and Control. – 2021. – V. 25. – No. 3. – P. 182-192. <https://doi.org/10.15826/analitika.2021.25.3.001>.
28. Шабанов А.Г. Взаимосвязь показателей состояния плодородия дерново-подзолистых почв с урожайностью сельскохозяйственных культур // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 4. – URL: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2692> (дата обращения: 29.03.2023).

I.E. Vasil'eva¹, ScD (Engin.), E.V. Shabanova¹, ScD (Phys.-Math.), G.A. Stupakova² PhD,
E.V. Kaneva¹, PhD, A.A. Shakirova¹, graduate student, E.E. Ignatieva²

¹A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences
(IGC SB RAS) 664033 Irkutsk, Russia, Favorsky str. 1A; e-mail: vasira@igc.irk.ru

²FGBNU "D.N.Pryanishnikov All-Russian Research Institute (FGBNU "Research Institute of Agrochemistry") 127550, Moscow, Pryanishnikova str., 31A; e-mail: vnija@list.ru

The article presents a list of soil-matrix reference materials made by some Russian and foreign producers. The features and relationships of the elemental, material and granulometric compositions of RMs used for soil characterization in agrochemistry and geochemistry are discussed. It was shown that differences of the granulometric compositions of soil-matrix RMs do not allow to control the trueness of both the extraction procedures, that precede chemical analysis, and the instrumental measurement, including the procedures of calibration and quality control of the results. The necessity and possibility of developing universal soil-matrix RMs in order to applicate simultaneous it for scientific and economic investigations of agrochemistry, ecology and geochemistry are demonstrated. For that purpose, the total content of elements, agrochemical indicators, a description of the mineral and granulometric compositions of RMs are recommended to list as certified characteristics.

Keywords: soil-matrix reference materials, chemical and physical-chemical properties, granulometric composition

УДК 634.11:631.81

DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.12

КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ В АГРОСЕРОЙ ПОЧВЕ ВИШНЕВОГО САДА ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Т.А. Роева, к.с.-х.н., Л.И. Леонтьева, к.с.-х.н., Е.В. Леоничева, к.б.н.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур»
Орловская область, д. Жилина, Россия, 302530, agro@vniispk.ru

Динамику обменных и водорастворимых соединений калия в агросерой почве вишневого сада изучали в течение 6 лет (2017-2022 г.). Основными факторами, повлиявшими на калийный режим, были: обеспеченность почвы калием, метеорологические условия (особенно осадки) и внесение удобрений (сульфат калия в дозах K₄₀-K₁₆₀). Уровень доступного растениям калия в почве неудобренных участков был стабильным в течение исследуемого периода (160±12 мг/кг), тогда как внесение удобрений привело к накоплению обменного калия в верхнем слое почвы до 260±20 мг/кг. Увеличение запасов обменного калия не повлияло на продуктивность деревьев. Следовательно, удобрение вишневого сада калием в первую декаду после посадки не требуется, если начальный уровень калия в почве составляет 160 мг/кг или выше.

Ключевые слова: вишня, азотные и калийные удобрения, обменные и водорастворимые формы калия, продуктивность.

Для цитирования: Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Леоничева Е.В. Калийный режим в агросерой почве вишневого сада при систематическом внесении минеральных удобрений// Плодородие. – 2023. – №2. – С. 55-58.

DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.12.

Калий, наряду с азотом, относится к числу наиболее важных элементов питания для косточковых деревьев. Ион калия является самым распространенным катионом в растениях и играет важную роль во многих фундаментальных процессах, таких как активация ферментов, синтез белка, транспортировка веществ и осмотическая регуляция [15]. С одной стороны, калий способствует улучшению качества плодов за счёт усиления синтеза и транслокации углеводов в растениях. Применение оптимальных доз калийных удобрений положительно влияет на окраску, размер и плотность плодов косточковых культур [18], повышает их урожайность [16]. С другой стороны, избыточные дозы калийных удобрений приводят к снижению их агрономической эффективности [13]. Поэтому для устойчивого производства плодов в косточковых садах требуется вносить дозы калийных удобрений в соответствии с потребностями деревьев.

Диагностика калийного питания многолетних плодовых деревьев сложна и, в значительной мере, определяется их биологическими особенностями и «поведением» калия в конкретных почвенно-климатических условиях. По сравнению с однолетними культурами много-

летние плодовые деревья наиболее эффективно потребляют калий, благодаря их способности использовать внутренние резервы элемента для роста ранней весной, более длительному периоду поглощения питательных веществ корнями и существенно более низкому, чем у однолетних полевых растений, размеру выноса калия с урожаем [5]. Эти особенности позволяют плодовым деревьям удовлетворять потребности в калии за счет естественного плодородия почвы. Поэтому калийные удобрения часто мало эффективны в садах, особенно в первые годы плодоношения деревьев на почвах с благоприятным уровнем доступных форм калия [8, 9, 17].

Доступность почвенного калия для растений определяется взаимосвязью различных соединений калия, находящихся в динамическом равновесии (необменных, обменных, водорастворимых). Обменные и водорастворимые калийные формы – основной источник питания растений. Сложная динамика форм калия затрудняет анализ обеспеченности растений этим элементом. Несмотря на то, что почвам свойственно пополнять запасы обменного калия за счет необменных форм, при выращивании плодовых культур без применения удобрений может происходить значительное снижение его