

УДК 631.45

DOI: 10.19047/0136-1694-2019-98-132-152

**Ссылки для цитирования:**

Юдин С.А., Белобров В.П., Дридигер В.К., Гребенников А.М., Айдиев А.Я., Ильин Б.С., Ермолаев Н.Р. К вопросу о методике проведения многолетних опытов по изучению влияния технологии прямого посева на свойства почв // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2019. Вып. 98. С. 132-152. DOI: 10.19047/0136-1694-2019-98-132-152

**Cite this article as:**

Yudin S.A., Belobrov V.P., Drediger V.K., Grebenikov A.M., Aydiev A.J., Ilyin B.S., Ermolaev N.R., To the question of the methodology of conducting long-term experiments on the no-till technology influence on soil properties, Dokuchaev Soil Bulletin, 2019, V. 98, pp. 132-152, DOI: 10.19047/0136-1694-2019-98-132-152

**К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ  
МНОГОЛЕТНИХ ОПЫТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ  
ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ПОСЕВА НА  
СВОЙСТВА ПОЧВ**

© 2019 г. С. А. Юдин<sup>1\*</sup>, В. П. Белобров<sup>1</sup>, В. К. Дридигер<sup>2\*\*</sup>,  
А. М. Гребенников<sup>1</sup>, А. Я. Айдиев<sup>3</sup>,  
Б. С. Ильин<sup>3</sup>, Н. Р. Ермолаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Россия,  
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2,  
\*e-mail: [yudin\\_sa@esoil.ru](mailto:yudin_sa@esoil.ru).

<sup>2</sup>Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Россия,  
356241, Ставропольский край, Михайловск, ул. Никонова, д. 49,  
\*\*e-mail: [dridiger.victor@gmail.com](mailto:dridiger.victor@gmail.com).

<sup>3</sup>Курский федеральный аграрный научный центр, Россия,  
305021, Курск, ул. Карла Маркса, д. 70б,  
e-mail: [knitapp@mail.ru](mailto:knitapp@mail.ru).

Поступила в редакцию 16.01.2019, принята к публикации 05.09.2019

При длительном использовании технологии прямого посева (no-till) в почвах происходят изменения, которые обусловлены элементарными почвообразовательными процессами (ЭПП), меняющимися во времени и пространстве. Идентификация этих изменений и их достоверность

являются приоритетными условиями для обоснования особенностей и/или преимуществ технологии прямого посева над остальными, в первую очередь над традиционной технологией – вспашкой с оборотом пласта. Одним из условий решения проблемы является систематизация и приведение к единой структуре не только терминов и условий испытания, но и основных свойств почв, определяющих их плодородие, в качестве объективных показателей изменений самого объекта обработки. При постановке многолетнего полевого опыта по изучению влияния технологии прямого посева на свойства почв, кроме учета известных требований, необходим комплексный анализ неоднородности почв. Представлены результаты детального топографического и почвенно-агрохимического картографирования с оценкой вариабельности морфологических и агрохимических свойств типичных черноземов четырех опытных полей каждое площадью 2.4 га.

*Ключевые слова:* прямой посев, no-till, неоднородность, варьирование, репрезентативность, земледелие, чернозем.

## **TO THE QUESTION OF THE METHODOLOGY OF CONDUCTING LONG-TERM EXPERIMENTS ON THE NO-TILL TECHNOLOGY INFLUENCE ON SOIL PROPERTIES**

**S. A. Yudin<sup>1\*</sup>, V. P. Belobrov<sup>1</sup>, V. K. Drediger<sup>2\*\*</sup>,  
A. M. Grebenikov<sup>1</sup>, A. J. Aydiev<sup>3</sup>,  
B. S. Ilyin<sup>3</sup>, N. R. Ermolaev<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,  
Russia, 119017, Moscow, Pizhevskiy per., 7, build. 2  
\*e-mail: [yudin\\_sa@esoil.ru](mailto:yudin_sa@esoil.ru).*

<sup>2</sup>*North Caucasian Federal Agrarian Centre,  
Russia, 356241, Stavropol region, Mikhailovsk, Nikonova str., 49,  
\*\*e-mail: [dridiger.victor@gmail.com](mailto:dridiger.victor@gmail.com).*

<sup>3</sup>*Kursk Federal Agrarian Scientific Center,  
Russia, 305021, Kursk, Karl Marks str., 70б,  
e-mail: [kniapp@mail.ru](mailto:kniapp@mail.ru).*

*Received 16.01.2019, Accepted 05.09.2019*

When setting a long-term field experiment in order to study the impact of direct sowing technology on soil properties it is necessary to take into account not only the known requirements, but a comprehensive analysis of soil

heterogeneity as well. The article presents the results of detailed topographic and soil-agrochemical mapping with estimation of variability of morphological and agrochemical properties of typical chernozems studied on four experimental fields of 2.4 ha area each.

*Keywords:* direct sowing, no-till, heterogeneity, variation, representativeness, agriculture, chernozem.

## ВВЕДЕНИЕ

Мировой опыт ведения сельскохозяйственного производства показывает, что система земледелия без обработки почвы (no-till) с применением прямого посева быстро распространяется по всему миру, особенно в странах Северной и Южной Америки, Австралии, Новой Зеландии. Практически в любой стране мира, независимо от природно-климатических условий и уровня развития сельского хозяйства предпринимаются попытки внедрения технологии прямого посева (ПП) для выращивания сельскохозяйственной продукции. Высокая экономическая отдача стала главной причиной развития данной системы. В основе технологии прямого посева лежат три основных принципа: отказ от любой механической обработки почвы, т. е. посев производят по стерне предыдущей культуры специальной сеялкой; все растительные остатки от предыдущей культуры сохраняются в поле и равномерно распределяются по площади; строгое чередование сельскохозяйственных культур. Особое значение эта технология приобретает в экстремальных почвенно-климатических условиях, связанных с недостатком влаги в почве, проявлениями водной и ветровой эрозии. Растительные остатки (мульча), сохранившиеся на поверхности почвы, создают существенное препятствие для любого вида эрозии и в то же время являются защитой от иссушения поверхности поля.

Несмотря на постоянное увеличение площадей с использованием ПП и увеличение сбора зерна с этих территорий, существует и негативный опыт использования технологии no-till в некоторых странах, в том числе и в России.

Вопросы минимизации обработок почв и эффективности применения различных систем (технологий) остаются в нашей стране дискуссионными. Многочисленные эксперименты в разных

по почвенно-климатическим параметрам регионам дали противоречивые результаты, которые нельзя оценить однозначно в пользу той или иной технологии и, следовательно, рекомендовать для расширенного использования в агропроизводстве.

Некоторые ученые на основании обобщений пришли к заключению, что ПП является высокорентабельной технологией, способствующей увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, а также снижению процессов деградации и восстановлению плодородия почв ([Ганжара, 2005](#); [Кирюшин, 2007](#); [Дридигер, 2016, 2017](#); [Чекаев, 2015](#); [Сергеев, 2016](#); [Derpsch, 2014](#)). Другие, напротив, утверждают о приоритете традиционной обработки (ТО) над ПП, обосновывая тезис полученными в результате полевых опытов данными ([Черкасов, 2012](#)). Наличие столь полярных точек зрения обосновывается разными причинами, главные их которых кроются в терминологии, неоднозначной трактовке основных элементов технологии прямого посева и методах постановки многолетних полевых опытов.

Оставив споры о терминах в стороне, отметим, что основным элементом технологии ПП является посев семян сельскохозяйственных культур дисковыми или анкерными сошниками в узкую щель необработанной почвы, что требует применения специальной техники (сеялок), рассчитанной на многолетнее использование ([Дридигер, 2016](#)). Научно-производственные исследования за рубежом, полученные результаты и накопленный практический опыт показали высокую эффективность многолетнего использования технологии ПП в сельскохозяйственном производстве, в особенности в зонах неустойчивого увлажнения, где почвы подвержены дефляции и водной эрозии ([Дридигер и др., 2017](#); [FAO, 2012, 2013](#)).

Таким образом, одним из препятствий для внедрения перспективной и эффективной системы земледелия в России являются противоречивые научные результаты, полученные разными методами, и, сопоставляя которые, невозможно прийти к однозначному мнению. Подобная проблема стоит остро не только в России, она также касается и тех стран, в которых технология ПП имеет широкое распространение. Так R. Derpsch ([Derpsch, 2014](#)) с соавторами из США, Бразилии, Германии, Швейцарии и др. стран на

основе анализа многочисленных публикаций приходит к выводу, что без унификации подходов к изучению системы ПП корректное сравнение результатов и их правильная интерпретация просто невозможны.

При длительном использовании технологии ПП в почвах происходят изменения в свойствах, которые обусловлены элементарными почвообразовательными процессами (ЭПП), меняющимися во времени и пространстве. Идентификация этих изменений и их достоверность являются приоритетными условиями для обоснования особенностей и/или преимуществ технологии прямого посева над остальными, в первую очередь над традиционной технологией – вспашкой с оборотом пласта.

Одним из условий решения проблемы является систематизация и приведение к единому стандарту не только терминов и условий испытания, но и основных свойств почв, определяющих их плодородие, в качестве объективных показателей изменений самого объекта обработки. Урожайность культур в этом плане, несмотря на зависимость от условий проведения опыта, является хорошим маркером позитивных или негативных изменений в почвах.

Методические подходы в нашей стране разработаны для решения разных задач в почвоведении и земледелии, в том числе и для проведения многолетних полевых опытов ([Доспехов, 1985](#); [Методические указания..., 1994](#); [Методические указания..., 2003](#); [Фрид, 2010](#)). Вместе с тем технология прямого посева без стандартизации и систематизации отдельных изучаемых признаков, размеров делянок, применяемых удобрений, техники для посева и получения продукции не обеспечивает сопоставимость результатов. Это достигается только при сравнимых базовых параметрах, в частности, показателях свойств почв, полученных в разных почвенно-климатических условиях и агроландшафтах.

Цель работы – предложить более адаптированный к технологии прямого посева комплексный метод, позволяющий фиксировать во времени и пространстве изменения функциональных свойств почв и обеспечивающий сопоставимость результатов.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2013–2017 гг. на научно-производственной базе Курского НИИ АПП (п. Черемушки Курского района (51°37'46" с. ш., 36°15'40" в. д.)). Для закладки длительного полевого опыта был выбран старопахотный участок на водораздельной поверхности с миграционно-мицеллярными (типичными) черноземами. Участок разбит на четыре поля площадью по 2,4 га, расположенных сопряженно в виде прямоугольника. На каждом поле закладывался 4-вариантный опыт по изучению влияния способов обработки почвы на свойства и продуктивность чернозема типичного в четырехпольном зерно-пропашном севообороте. Размеры делянок составляли 60 × 100 м. Варианты полевого опыта включали: 1 вариант – вспашка (с оборотом пласта); 2 вариант – комбинированная обработка (дискование + чизель); 3 вариант – поверхностная обработка (дискование); 4 вариант – без обработки (прямой посев). Длительность эксперимента предполагает ежегодную, начиная с 2013 г. по 2016 г., последовательную закладку вариантов опыта на одном из четырех полей. Перед закладкой опыта проводился уравнительный посев горохо-овсяной смеси, затем, в соответствии с севооборотом, посев озимой пшеницы, которую в последующие годы сменяла кукуруза, ячмень и горохо-овсяная смесь. Использование удобрений и пестицидов осуществлялось в соответствии с рекомендациями для каждой культуры.

Таким образом, каждая культура имеет 4-летний цикл возделывания при стабильной агротехнике (обработках), но в разных погодных условиях, что дает возможность получить более достоверные усредненные данные по годам.

Такая методика полевого опыта многократно апробирована и имеет отличия только в размерах полей, которые в данном случае существенно превышают обычно используемые в полевых опытах. Эта особенность была обусловлена необходимостью максимально приблизить опыт к производству, технологии прямого посева, которая предусматривает минимизацию нагрузок техники на почвы в процессе посева и уборки урожая, а также для более достоверной оценки неоднородности почвенного покрова по мор-

фологическим, агрохимическим и агрофизическим свойствам ([Белобров и др., 2017](#)).

В этой методике полевые исследования по базовой оценке однородности почвенного покрова полей включают детальную топографическую и почвенную съемку (масштаб 1 : 1000). Причем почвенная съемка осуществляется по углам квадрата 25 × 30 м. Всего на одно поле приходится 45 буровых скважин. В 20 скважинах (по пять на каждый вариант обработки) отбираются образцы из гумусового горизонта на анализ агрохимических свойств, и в 12 скважинах (по три на каждый вариант обработки) – на определение равновесной плотности в трехкратной повторности с глубин 2–7 и 10–15 см.

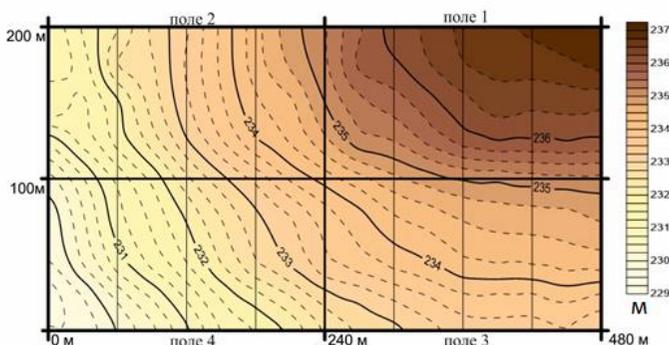
Анализы почв выполнены в лаборатории Почвенного института им. В.В. Докучаева: содержание  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в мг/на 100 г почвы – по методу Чирикова, гумуса (%) – по Тюрину, рН<sub>(водн.)</sub> – потенциометрически и равновесная плотность – весовым методом с использованием стандартного цилиндра объемом 100 см<sup>3</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные детальной топографической съемки выявили специфичный микрорельеф природного и антропогенного характера (напаханный микрорельеф). Слабовыраженные в рельефе микроложбины естественной природы являются истоками более крупных ложбин, хорошо выраженных за пределами участка, базисом эрозии для которых является залуженный овраг. Микроложбины и микроповышения формируют в рельефе топогенную микроструктуру почвенного покрова естественной и антропогенной природы.

Многолетняя вспашка черноземов участка с оборотом пласта нивелировала естественную зоогенную микроструктуру почвенного покрова (сурчинный и слепышинный рельеф). “Останцы” сурчин, слабо или не выраженные в рельефе, хорошо маркируются в профиле черноземов по ряду признаков: 1) перерытости (ходы землероев в гумусовом горизонте заполнены мелкоземом из горизонтов  $B_{ca}$  и  $C_{ca}$ ) и увеличенной мощности гумусированного профиля; 2) по глубине вскипания, как правило, в пределах гумусового горизонта на глубинах 0–30 (50) см.

Общий перепад высот на участке составляет 8 м на 520 м по уклону (в среднем около 1.5 м абсолютной высоты на каждые линейные 100 м), что характеризует плакорный рельеф водораздельной поверхности. Все поля (рис. 1) имеют уклон около  $1^{\circ}$ .



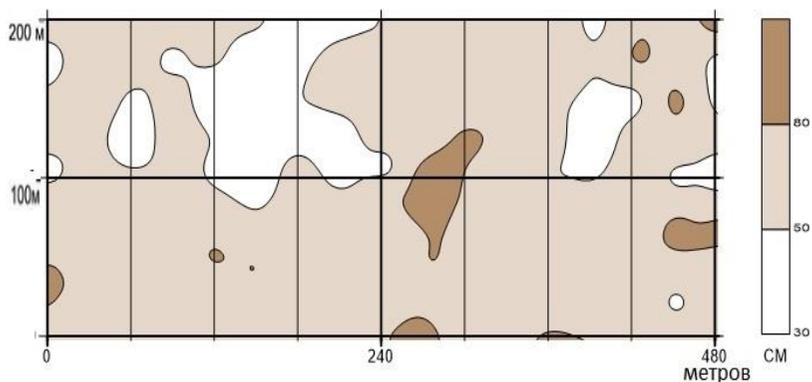
**Рис. 1.** Рельеф участка. Уменьшено с масштаба 1 : 1000 (основные горизонталы проведены через 1 м, полугоризонталы – 0.25 м).

**Fig. 1.** The relief of the site. Reduced from the scale of 1 : 1000 (the main horizontals drawn with 1 m step, half horizontals – 0.25 m).

На полях господствуют типичные черноземы, представленные несколькими видами: среднemosными – 79.5 %, маломосными – 17.8 % и мощными – 2.7 % (рис. 2); средне карбонатными (средне выщелоченными) – 48.8 %, глубоко карбонатными (сильно выщелоченными) – 34.0 % и высококарбонатными (слабо выщелоченными) – 17.2 % (рис. 3). Мощные и глубоко карбонатные черноземы приурочены к наиболее выраженным в рельефе микроложбинам, среднemosные – к основной поверхности разгрузки, тогда как высоко карбонатные и маломосные, как правило, занимают микроповышения между понижениями и ложбинами рельефа.

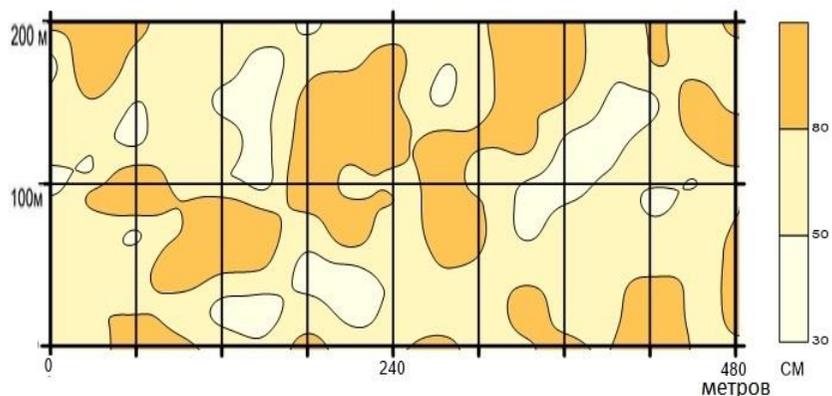
Черноземы опытного участка характеризуются достаточно высоким содержанием подвижных форм калия. Как видно из картограммы, значения по площади в основном варьируют от 7 до 15 мг/100 г почвы (рис. 4).

Черноземы можно отнести к почвам с высоким и повышенным содержанием подвижного фосфора (рис. 5).



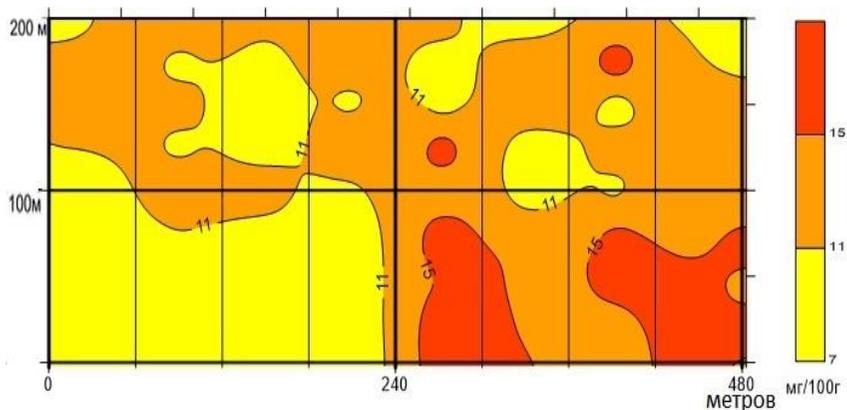
**Рис. 2.** Карта мощности гумусового горизонта чернозема типичного, уменьшено с масштаба 1 : 1000; маломощные 30–50 см, среднемощные 50–80 см, мощные 80–120 см.

**Fig. 2.** Map of the humus layer thickness of a typical chernozem, reduced from the scale of 1 : 1000; thin 30–50 cm, medium 50–80 cm, thick 80–120 cm.

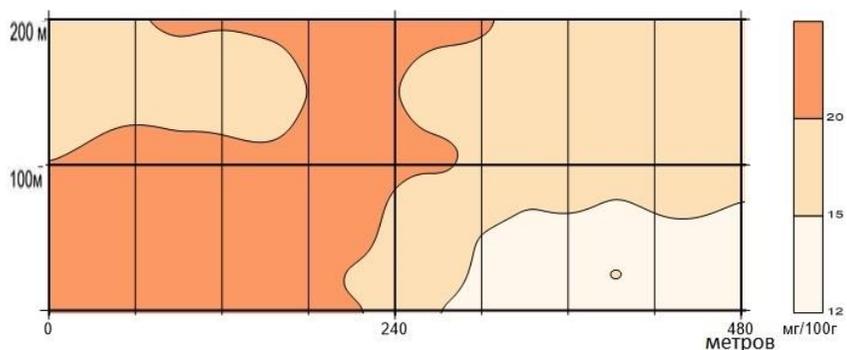


**Рис. 3.** Карта глубины залегания карбонатов, уменьшено с масштаба 1:1000; до 30 см – карбонатные, 30–50 см – высококарбонатные, 50–80 см – среднекарбонатные, 80–120 см – глубококарбонатные.

**Fig. 3.** The map of carbonates accumulation depth, reduced from the scale of 1 : 1000; up to 30 cm – carbonated, 30–50 cm – highly carbonated, 50–80 cm – medium carbonated, 80–120 cm – deeply carbonated.



**Рис. 4.** Картограмма участка по содержанию  $K_2O$ .  
**Fig. 4.** The map of  $K_2O$  content on the studied site.



**Рис. 5.** Картограмма участка по содержанию  $P_2O_5$ .  
**Fig. 5.** The map of  $P_2O_5$  content on the studied site.

По степени актуальной кислотности ( $pH_{\text{водн.}}$ ) почвы участка относятся к слабокислым и близким к нейтральным (Фрид и др., 2010) (табл. 1). Объемный вес почв определялся на каждом поле сразу после уборки уравнительного посева. Значения этого показателя находились в пределах оптимума и составляли 1–1.15 г/см<sup>3</sup> (табл. 2).

**Таблица 1.** Статистические характеристики агрохимических свойств почв  
**Table 1.** Statistical characteristics of agrochemical properties of soils

Свойства почв	n	x	÷		$\sigma^2$	$\sigma$	V	S	A	E
			- 0.95 %	+ 0.95 %						
Гумус 0–10	80	5.03	4.98	5.09	0.06	0.25	5	0.03	-0.07	0.44
Гумус 10–20	80	4.99	4.93	5.05	0.07	0.26	5	0.03	-0.19	-0.35
K <sub>2</sub> O 0–10	80	11.83	11.15	12.50	9.16	3.03	26	0.34	0.57	-0.76
K <sub>2</sub> O 10–20	80	11.81	11.13	12.49	9.42	3.07	26	0.34	0.64	-0.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0–10	80	19.37	18.45	20.29	17.13	4.14	21	0.46	0.57	-0.11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 10–20	80	19.21	18.27	20.14	17.53	4.19	22	0.47	0.22	-0.90
pH <sub>вод.</sub> 0–10	80	6.35	6.30	6.40	0.05	0.23	4	0.03	0.06	0.59
pH <sub>вод.</sub> 10–20	80	6.38	6.33	6.43	0.05	0.22	3	0.02	0.57	0.80

Примечание: n – объем выборки, шт; x – арифметическая средняя; ÷ - доверительный интервал;  $\sigma^2$  – дисперсия;  $\sigma$  – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации, %; S – стандартная ошибка; A – асимметрия; E – эксцесс.

**Таблица 2.** Статистические характеристики агрохимических свойств почв  
**Table 2.** Statistical characteristics of agrochemical properties of soils

Свойства почв	n	x	÷		$\sigma^2$	$\sigma$	V	S	A	E
			- 0.95 %	+ 0.95 %						
А, см	180	64.3	27.00	100.00	232.40	15.24	24	1.14	-0.45	-0.33
А + АВ, см	180	103.6	48.00	155.00	337.93	18.38	18	1.37	-0.37	0.13
Вскипание, см	180	72.97	68.00	77.30	866.49	29.44	40	2.19	1.09	1.70
Объемный вес, 2–7 см	48	1.05	1.01	1.08	0.02	0.12	12	0.02	0.70	0.02
Объемный вес, 10–15 см	48	1.13	1.10	1.17	0.01	0.11	10	0.02	0.71	-0.42

Примечание: **n** – объем выборки, шт; **x** – арифметическая средняя; ÷ – доверительный интервал;  $\sigma^2$  – дисперсия;  $\sigma$  – стандартное отклонение; **V** – коэффициент вариации, %; **S** – стандартная ошибка; **A** – асимметрия; **E** – эксцесс.

В программе наблюдений за изменениями функциональных свойств почв в зависимости от технологии обработки центральное место занимает не только выбор комплекса показателей, характеризующих химические, физико-химические, физические и биологические свойства почв, но и определение величины и диапазона их возможных колебаний. Статистически обоснованный характер этих изменений в совокупности характеризует показатели почвенного плодородия, являющиеся базовыми в многолетнем цикле исследований.

Общепринятый подход к оценке почвенных свойств в земледелии обычно сводится к определению тех же самых показателей, как правило, на примере одного типичного разреза, характеризующего всю занятую опытными полями площадь. Совершенно очевидно, что при такой постановке опытов происходит потеря информации о природной и антропогенной неоднородности почвенного покрова, на что большое внимание обращали Б.А. Доспехов (1985), Е.А. Дмитриев (1973), Ф.И. Козловский (2003) и др.

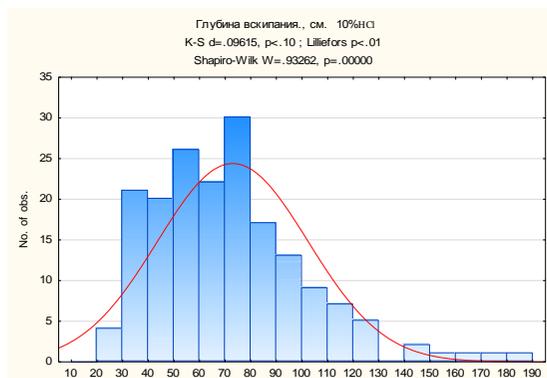
Таким образом, в методике планируемого длительного полевого эксперимента должно быть заложено изучение исходных количественных параметров почв, их вариабельность в пространстве и времени, а также статистический анализ исходных показателей плодородия почвы. Важным условием, определяющим возможность применения статистических (параметрических) методов, является подчинение анализируемых показателей закону нормального распределения. В связи с достаточно большим объемом выборки (табл. 1 и 2) мы не будем рассматривать в этой работе непараметрические критерии, имеющие невысокую мощность теста.

Самый простой способ, позволяющий составить предварительное заключение о “нормальности” распределения, основан на оценке величины коэффициента вариации. Для содержания гумуса и  $pH_{\text{водн}}$  он не превышает 5 %, что дает основание считать данную выборку принадлежащей к одной генеральной совокупности, близкой к нормальному распределению. Относительная изменчивость содержания подвижных форм калия и фосфора значительно выше и составляет 21–26 %. По мнению Е.А. Дмитриева

([Дмитриев, 1973](#)), такую вариабельность можно считать значительной.

Коэффициент вариации как показатель относительной изменчивости признака не относится к главным статистическим параметрам. Аппроксимация нормальному закону распределения характеризуется также асимметрией и эксцессом. Теоретически нормальное распределение имеет нулевые значения асимметрии и эксцесса. При изучении природной вариабельности генеральной совокупности таких признаков, как почвенные свойства, показатели асимметрии и эксцесса никогда не бывают равны нулю. Это наблюдается и в данном случае, когда все значения показателей отличаются от нуля, но при этом они невелики и в каждом конкретном случае характеризуют особенности распределения изучаемого признака (табл. 1).

Подобные значения асимметрии и эксцесса мы наблюдаем и в распределении морфологических и физических свойств черноземов (табл. 2). Исключением является глубина вскипания, асимметрия и эксцесс которой несколько больше единицы, а ширина доверительного интервала (95 %) существенно отличается от среднего при высоком значении коэффициента вариации – 40 %. Тем не менее при такой пространственной вариабельности имеет смысл проверить “нормальность” этого показателя с помощью более мощного критерия Колмогорова-Смирнова. Результаты показывают, что глубина залегания карбонатов отклоняется от распределения Гаусса (рис. 6). Гистограмма позволяет качественно оценить различные характеристики распределения. Выборка неоднородна и имеет бимодальное распределение. Это подтверждают результаты детального почвенного картирования, выделение двух подтипов чернозема – типичного и выщелоченного ([Классификация..., 2004](#)). Такое распределение значений не является “фатальным”, но в дальнейшем при изучении влияния способов обработки на распределение карбонатов в профиле почв это необходимо учитывать.

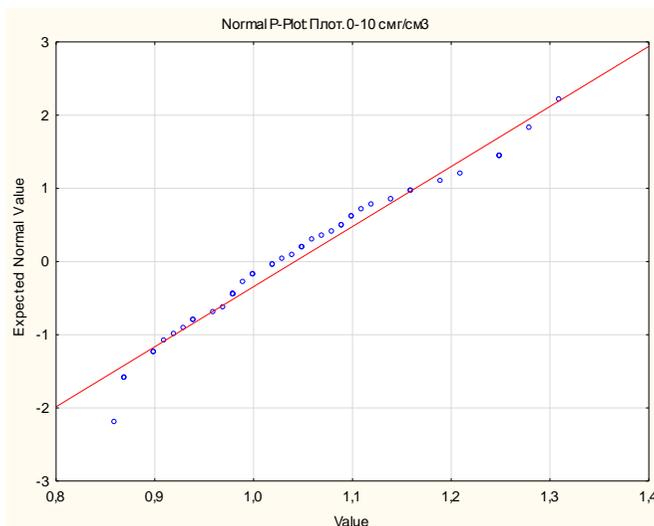


**Рис. 6.** Результат проверки нормальности распределения значений глубины вскипания.

**Fig. 6.** The result of checking the normality of the distribution of carbonates accumulation depth values.

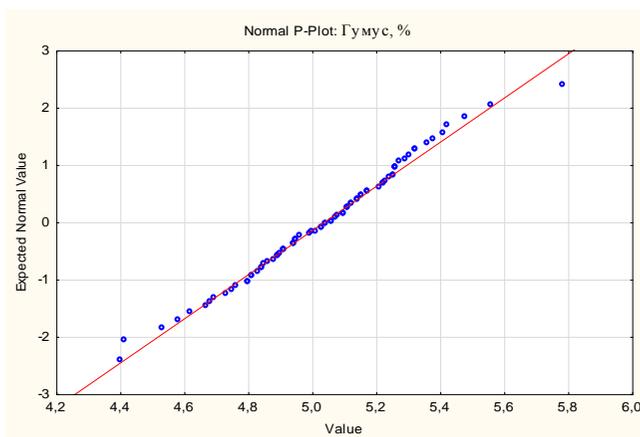
Ни один количественный показатель не может заменить проверку распределения с помощью построения графиков, позволяющих визуально оценить “нормальность” эмпирического распределения. На диаграммах рассеивания (рис. 7, рис. 8) представлены примеры некоторых значений агрохимических и физических свойств, по которым легко оценить нормальность распределения. Такой график отображает зависимость ожидаемых нормальных частот значений признака от их реальных частот. Очевидно, что если между наблюдаемым и теоретическим распределением нет разницы, эмпирические точки на этом графике выстроятся строго вдоль прямой.

Таким образом, мы установили, что все изучаемые до начала эксперимента (“стартовые”) свойства почв, за исключением глубины вскипания, подчинялись закону нормального распределения. В этой связи у нас есть возможность оценить влияние способа обработки почвы на все почвенные свойства строгими критериями Гауссовой статистики. Через четыре года после завершения ротации в вариантах: 1 – вспашка с оборотом пласта и 4 – прямой посев (no-till), – в тех же точках были вновь отобраны образцы на объемный вес почвы.



**Рис. 7.** Проверка нормальности распределения объемного веса почвы в слое 2–7 см с использованием графика вероятностей.

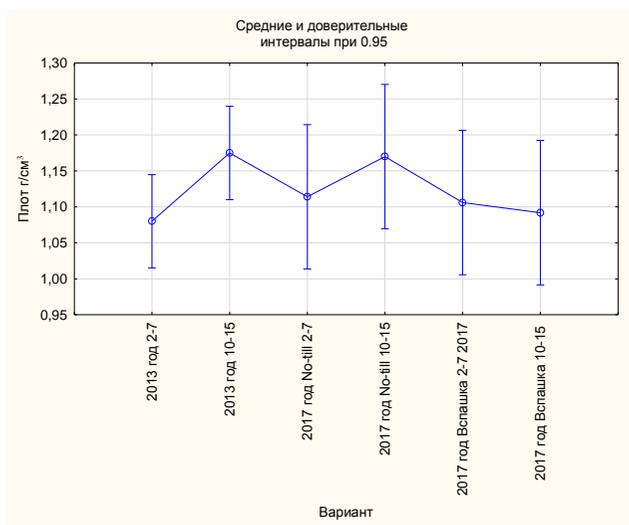
**Fig. 7.** Checking the normality of the distribution of volumetric weight of soil in 2–7 cm layer using a probability graph.



**Рис. 8.** Проверка нормальности распределения содержания гумуса в слое 2–7 см с использованием графика вероятностей.

**Fig. 8.** Verification of the normality of the distribution of the humus content in 2–7 cm layer using a probability graph.

Как видно из графика на рисунке 9, средние значения объемной массы почвы на глубине 2–7 см и 10–15 см по вариантам опыта достоверно не различаются и находятся в пределах доверительного интервала. Можно говорить только о тенденции увеличения плотности почвы при прямом посеве на глубине 10–15 см. Следовательно, за четырехлетний период ПП не оказал существенного влияния на объемный вес почвы.



**Рис. 9.** Средние значения объемной массы почвы и доверительные интервалы при 0.95 в зависимости от обработки почвы.

**Fig. 9.** The average volumetric soil weight and confidence intervals at 0.95 depending on the tillage.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный методический подход к постановке многолетнего полевого эксперимента позволяет охарактеризовать вариабельность совокупности морфологических, агрохимических и физических параметров почв до начала проведения опыта. Приведенные в статье данные характеризуют весь участок в целом, тогда как есть возможность рассматривать вариабельность признаков по каждому полю отдельно в ротационном временном цикле, что представляется одним из важнейших составляющих при ре-

шении методических задач любого полевого эксперимента. При изучении влияния прямого посева на свойства почв для данного метода вполне достаточно использованных исходных данных, что обеспечивает применение параметрических критериев и статистически обоснованной оценки свойств почв участка.

Таким образом, есть основание рекомендовать предложенный метод многолетнего полевого опыта для оценки систем технологии обработки почв, включая прямой посев, используя признаки изменчивости свойств почв во времени и пространстве. Как следствие, это обеспечивает корректное сравнение и интерпретацию результатов. Комплексные топографические и почвенно-агрохимические исследования на участке показали, что по рассмотренным параметрам он репрезентативен и отвечает условиям для проведения многолетнего полевого опыта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белобров В.П., Айдиев А.Ю., Юдин С.А., Ермолаев Н.Р., Дмитриева В.Т. Вариабельность агрохимических свойств типичных черноземов в многолетнем полевым опыте // В сборнике: Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. Воронеж. 2017. С. 181–185.
2. Ганжара Н.Ф., Верзилин В.В., Байбеков Р.Ф., Борисов Б.А. Состояние органического вещества и соединений азота черноземов выщелоченных в зависимости от способов возделывания культур // Известия ТСХА. 2005. № 3. С. 1–13.
3. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1973. 292 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Дридригер В.К. Практические рекомендации по освоению технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы в засушливой зоне Ставропольского края. Ставрополь: СНИИСХ, 2016. 80 с.
6. Дридригер В.К., Невечеря А.В., Таран Г., Шаповалова Н.В. Ипатовский опыт возделывания полевых культур без обработки почвы (no-till) // АгроСнабФорум. № 3. 2017. С. 35–40
7. Кирюшин В.И. Минимизация обработки почвы: итоги дискуссии // Земледелие. 2007. № 4. С. 28–30.

8. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
9. *Козловский Ф.И.* Теория и методы изучения почвенного покрова. М.: ГЕОС, 2003. 535 с.
10. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий. М.: ЦНТИПР Минсельхозпрода России, 1994. С. 6–8
11. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Державина Л.М., Булгакова Д.С. М.: ФГНУ “Росинформагротех”, 2003. 240 с.
12. *Сергеев К.* Прямой посев: Южноамериканская и Австралийская модель // Ресурсосберегающее земледелие. М. 2016. № 4 (32). С. 8–15
13. *Фрид А.С., Кузнецова И.В., Королева И.Е., Бондарев А.Г., Козут Б.М., Уткаева В.Ф., Азовцева Н.А.* Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. 176 с.
14. *Чекаев Н.П., Кузнецов А.Ю.* Технология No-till – путь к реальным результатам // Продовольственная политика и безопасность. 2015. Том 2. № 1. С. 7–18. DOI: [10.18334/2.1.453](https://doi.org/10.18334/2.1.453).
15. *Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г. и др.* Теоретические основы формирования агротехнологической политики применения нулевых и поверхностных обработок почвы под зерновые культуры для модернизации земледелия. Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. 81 с.
16. *Derpcsh R., Franzluebbers A.J., Duiker S.W., Reicosky D.C., Koeller K., Friedrich T., Sturny W.G., Sa J.C.M., Weiss K.* Why do we need to standardize no-tillage research? // Soil and Tillage Research. Vol. 137. 2014. P. 16–22. DOI: [10.1016/j.still.2013.10.002](https://doi.org/10.1016/j.still.2013.10.002).
17. FAO. Conservation Agriculture Adoption Worldwide. FAO AQUASTAT Database on CA Adoption. 2012. URL: <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html>.
18. FAO. Basic Principles of Conservation Agriculture. 2013. URL: <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>.

## REFERENCES

1. Belobrov V.P., Aidiev A.Yu., Yudin S.A., Ermolaev N.R., Dmitrieva V.T., Variabel'nost' agrokhimicheskikh svoystv tipichnykh chernozemov v mnogoletnem polevom opyte (Variability of agrochemical properties of typical chernozems in many years of field experience), In: *Chernozemy Tsentral'noi*

*Rossii: genesis, evolyutsiya i problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya* (Chernozems of Central Russia: genesis, evolution and problems of rational use), Voronezh, 2017, pp. 181–185.

2. Ganzhara N.F., Verzilin V.V., Baibekov R.F., Borisov B.A., Sostoyanie organicheskogo veshchestva i soedinenii azota chernozemov vyshchelochennykh v zavisimosti ot sposobov vzdelyvaniya kul'tur (The state of organic matter and nitrogen compounds leached chernozems, depending on the methods of cultivation of crops), *Izvestiya TSKhA*, 2005, No. 3, pp. 1–13.

3. Dmitriev E.A., *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii* (Mathematical statistics in soil science), Moscow: Izd-vo MGU, 1973, 292 p.

4. Dospikhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.

5. Dridiger V.K., *Prakticheskie rekomendatsii po osvoeniyu tekhnologii vzdelyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur bez obrabotki pochvy v zasushivoi zone Stavropol'skogo kraya* (Practical recommendations for mastering the technology of cultivation of agricultural crops without tillage in the arid zone of the Stavropol Territory), Stavropol': SNIISKH, 2016, 80 p.

6. Dridiger V.K., Nevecherya A.V., Taran G., Shapovalova N.V., Ipatovskii opyt vzdelyvaniya polevykh kul'tur bez obrabotki pochvy (no-till) (Ipatov experience in cultivating field crops without tillage (no-till)), *AgroSnabForum*, No. 3, 2017, pp. 35–40.

7. Kiryushin V.I., Minimizatsiya obrabotki pochvy: itogi diskussii (Minimization of soil cultivation: the results of the discussion), *Zemledelie*, 2007, No. 4, pp. 28–30.

8. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* (Classification and diagnostics of Russian soils), Smolensk: Oikumena, 2004, 341 p.

9. Kozlovskii F.I., *Teoriya i metody izucheniya pochvennogo pokrova* (Theory and methods of studying soil cover), Moscow: GEOS, 2003, 535 p.

10. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo agrokhimicheskogo obsledovaniya pochv sel'skokhozyaystvennykh ugodii* (Guidelines for a comprehensive agrochemical survey of agricultural soils), Moscow: TsNTIPR Minsel'khozproda Rossii, 1994, pp. 6–8.

11. Derzhavin L.M., Bulgakov D.S., *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* (Guidelines for the comprehensive monitoring of soil fertility of agricultural lands), Moscow: FGNU "Rosinformagrotekh", 2003, 240 p.

12. Sergeev K., Pryamoi posev: Yuzhnoamerikanskaya i Avstraliiskaya model' (Direct sowing: South American and Australian models), *Resursoberegayushchee zemledelie*, 2016, No. 4 (32), pp. 8–15.

13. Frid A.S., Kuznetsova I.V., Koroleva I.E., Bondarev A.G., Kogut B.M., Utkaeva V.F., Azovtseva N.A., *Zonal'no-provintsial'nye normativy izmenenii agrokhimicheskikh, fiziko-khimicheskikh i fizicheskikh pokazatelei osnovnykh pakhotnykh pochv evropeiskoi territorii Rossii pri antropogennykh vozdeistviyakh* (Zonal-provincial standards for changes in agrochemical, physico-chemical and physical indicators of the main arable soils of the European territory of Russia under anthropogenic influences), Moscow: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2010, 176 p.

14. Chekaev N.P., Kuznetsov A.Yu., Tekhnologiya No-till – put' k real'nym rezul'tatam (No-till technology – the way to real results), *Prodovol'stvennaya politika i bezopasnost'*, 2015, Vol. 2, No. 1, pp. 7–18, DOI: [10.18334/2.1.453](https://doi.org/10.18334/2.1.453).

15. Cherkasov G.N., Pykhtin I.G. et al., *Teoreticheskie osnovy formirovaniya agrotekhnologicheskoi politiki primeneniya nulevykh i poverkhnostnykh obrabotok pochvy pod zernovye kul'tury dlya modernizatsii zemledeliya* (The theoretical basis for the formation of an agrotechnological policy for the application of zero and surface tillage for grain crops for the modernization of agriculture), Kursk: GNU VNIIZiPE RASKhN, 2012, 81 p.

16. Derpcsh R., Franzluebbbers A.J., Duiker S.W., Reicosky D.C., Koeller K., Friedrich T., Sturny W.G., Sa J.C.M., Weiss K., Why do we need to standardize no-tillage research? *Soil and Tillage Research*, Vol. 137, 2014, pp. 16–22, DOI: [10.1016/j.still.2013.10.002](https://doi.org/10.1016/j.still.2013.10.002).

17. FAO, *Conservation Agriculture Adoption Worldwide*, FAO AQUASTAT Database on CA Adoption, 2012, URL: <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html>.

18. FAO, *Basic Principles of Conservation Agriculture*, 2013, URL: <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>.