

УДК 631.472

DOI: 10.19047/0136-1694-2023-115-5-31



Ссылки для цитирования:

Белобров В.П., Юдин С.А., Ермолаев Н.Р., Айдиев А.Я. Структура почвенного покрова и трансформация морфометрических параметров типичных черноземов в технологии прямого посева // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2023. Вып. 115. С. 5-31. DOI: 10.19047/0136-1694-2023-115-5-31

Cite this article as:

Belobrov V.P., Yudin S.A., Ermolaev N.R., Aidiev A.Ya., Soil cover structure and transformation of morphometric parameters of Haplic Chernozems under no-tillage, Dokuchaev Soil Bulletin, 2023, V. 115, pp. 5-31, DOI: 10.19047/0136-1694-2023-115-5-31

Структура почвенного покрова и трансформация морфометрических параметров типичных черноземов в технологии прямого посева

© 2023 г. В. П. Белобров^{1*}, С. А. Юдин¹, Н. Р. Ермолаев¹,
А. Я. Айдиев^{2**}

¹ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2,
*e-mail: belobrovvp@mail.ru.

²ФГБНУ “Курский ФАНЦ”, “Научно-исследовательский институт
агропромышленного производства”, Россия,
305526, Курская обл., Курский р-он, п. Черемушки, д.10
**e-mail: kniiapp@mail.ru.

Поступила в редакцию 10.01.2023, после доработки 19.05.2023,
принята к публикации 27.06.2023

Резюме: Анализируются результаты полевого опыта на двух опытных полях (каждое площадью 2,4 га) по использованию в земледелии традиционной технологии и прямого посева (no-till). Диагностические морфометрические параметры типичных черноземов: мощность горизонта А₁, горизонтов А₁ + АВ и глубина вскипания от 10%-ной НСІ, – показали, что за 8 лет на полях произошли изменения в почвах и

почвенном покрове. Интегральный показатель продуктивности почв – мощность гумусового горизонта – отразил тренд уменьшения и увеличения параметра в структурах почвенного покрова полей с разным составом черноземов на уровне вида почв. Тренд связан как с изменением климата и периодическими, не характерными для региона, засушливыми периодами, так и со сменой традиционной технологии на прямой посев. Выщелоченность профиля черноземов от карбонатов во всех вариантах опыта снизилась, что коррелирует с меняющимися по сезонам года климатическими показателями. Маломощные, высококовскипающие черноземы не требуют известкования. Выявленные изменения статистически не значимы и отражают устойчивость черноземов к вариабельности природных и антропогенных факторов почвообразования. Растительные остатки на поверхности почв при прямом посеве снижают физическое испарение, что способствует аккумуляции влаги в почве. Применение покровных культур в зиму также увеличивает влагозапасы, которые расходуются растениями в летний вегетационный период. Данные о трансформации морфометрических параметров дают возможность вносить временную и пространственную коррекцию в применяемые агротехнические приемы (севооборот, внесение удобрений, применение покровных культур, гербицидов и пестицидов).

Ключевые слова: изменчивость типичных черноземов, показатели почв, продуктивность, выщелоченность, карбонатность, классификация почв.

Soil cover structure and transformation of morphometric parameters of Haplic Chernozems under no-tillage

© 2023 V. P. Belobrov^{1*}, S. A. Yudin¹, N. R. Ermolaev¹,
A. Ya. Aidiev^{2**}

¹*Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,
e-mail: belobrovvp@mail.ru.

²*Kursk Federal Agrarian Research Center,
“Research Institute of Agroindustrial Production”,
10 Cheremushki village, Kursk district 305526, Kursk Oblast,
Russian Federation,
**e-mail: kniapp@mail.ru.*

Received 10.01.2023, Revised 19.05.2023, Accepted 27.06.2023

Abstract: The results of the field experiment have been analyzed, it was set up on two experimental fields (with an area of 2.4 hectares each), where two different agricultural techniques – traditional and no-till – were applied. Diagnostics of morphometric parameters of typical chernozems such as: the thickness of the A₁ horizon, A₁ + AB horizons and the depth of carbonates reaction with 10% HCl, has shown that some changes in soils and soil cover had occurred in the fields over 8 years. The integral indicator of soil productivity is the thickness of the humus horizon, it demonstrated trends to decrease and increase in the soil cover structure of the experimental fields with different compositions of chernozem subtypes. The trends result from both climate change and periodic dry periods, which are not typical of the region, and from the change of traditional technology to no-till. The carbonates leaching from chernozem profiles in all variants of the experiment decreased, which correlates well with climatic indicators, changing with the seasons of the year. Chernozems with thin humus layer and reacting with HCl close to the surface do not require liming. The revealed changes are not statistically significant, they reflect the resistance of chernozems to the variability of natural and anthropogenic factors of soil formation. Crop residues on the soil surface under no-tillage reduce physical evaporation, which contributes to moisture accumulation in the soil. The use of cover crops in winter also increases the moisture reserves, which are consumed by the plants during the summer growing season. Information on the transformation of morphometric parameters allows making temporal and spatial corrections in the applied agricultural practices (crop rotation, fertilization, the use of cover crops, herbicides and pesticides).

Keywords: variability of typical chernozems, soil indicators, soil productivity, leaching, carbonate content, classification of soils.

ВВЕДЕНИЕ

Трансформация почв остается важным фактором деградации черноземов при их сельскохозяйственном использовании ([Иванов и др., 2013](#); [Лебедева, 2013](#); [Савин и др., 2018](#)). Большинство исследований в этом направлении посвящено изменениям физических, физико-химических и агрохимических свойств черноземов ([Воронин, 2014](#); [Петрова и др., 2015](#); [Власенко, 2016](#); [Иванов и др., 2021](#)), и мало работ по проблемам пространственно-временной трансформации в земледелии морфологических свойств, которые лежат в основе описания профиля, таксономии и качественной оценки почв для возделывания сельскохозяйственных культур

([Лебедева, 2011](#); [Gerasimova, Khitrov, 2016](#)). Научно-производственный опыт по оценке влияния технологий на свойства черноземов указывает на определенную трансформацию основных морфометрических параметров при использовании прямого посева, в котором не применяются обработки, а почва в течение всего года находится под покровом растительных остатков ([Дридигер и др. 2020, 2021](#); [Белобров и др., 2021](#)).

Морфологические свойства черноземов представляют собой в самом простейшем виде совокупность нескольких основных морфометрических параметров: мощность гумусовых и переходных горизонтов, карбонатность по глубине вскипания от 10%-ной HCl, засоленность и оглеение по глубине солевого горизонта и оглеенного профиля ([Классификация, 1977](#); [Хитров и др., 2013](#); [Gerasimova et al., 2016](#); [Левченко и др., 2017](#)), дающих качественно-количественную оценку их продуктивности. Это первая и важнейшая информация, получаемая при описании морфологического профиля чернозема.

Сформулированная многогранным интеллектом и гением В.В. Докучаева наука почвоведение базируется на этих сформированных природой показателях, которые используются при картографировании черноземов в любом масштабе, проведении опытов или отборе проб для лабораторных исследований, и отражают наиболее важные особенности изучаемых почв.

В отечественных классификациях морфометрические параметры разделяют черноземы на видовом уровне ([Классификация..., 1977](#)), агрочерноземы – на уровне типов, подтипов и видов ([Классификация..., 2004](#)). В прикладном земледелии мощность гумусового горизонта, например, входит составной частью во многие индексы, характеризующие почвы с позиций продуктивности, бонитета и кадастра: почвенно-экологический индекс для пахотных почв – ПЭИ и почвенно-агроклиматический – ПАКИ ([Карманов, Булгаков, 2012](#)), в нормативную урожайность – Ун ([Методические..., 2003](#); [ЕГРПР, 2014](#); [Столбовой и др., 2021](#)).

Мощность гумусового горизонта служит интегральным показателем и отражает эффективное и потенциальное плодородие почв ([Столбовой, Гребенников, 2020](#)), а степень карбонатности

выступает в качестве лимитирующего фактора, определяя необходимость известкования северных подтипов черноземов или, напротив, снижения щелочности южных черноземов с помощью ирригации, а также формирование водоустойчивых к эрозии агрегатов и т. д. Мощность почвенного профиля черноземов, его мелкоземистой части до плотных коренных пород, выступает как лимитирующий фактор при выращивании садовых древесных культур и кустарников. В полной мере это относится к засолению, солонцеватости и другим морфологическим свойствам.

Морфометрические параметры целинных почв устойчивы во времени, а если и меняются, то в связи со сменой региональных и глобальных климатических условий, т. е. их трансформация происходит под влиянием внешних факторов почвообразования. Поэтому они не требуют многократных мониторинговых исследований и служат контролем для пахотных аналогов черноземов ([Авдеева, Маркина, 2017](#)).

Пахотные черноземы, по сравнению с целинными, подвержены антропогенной трансформации. Последствия выражаются в различных формах, как прямых, приводящих к деградации свойств почв, так и опосредованных, провоцирующих, например, развитие процессов водной эрозии там, где ее до распашки почв не было. В пахотном фонде страны черноземы составляют по разным данным от 53% ([Иванов и др., 2013](#)) до 66% ([Столбовой, Гребенников, 2020](#)), что делает их не только самым важным объектом в земледелии в России, но и самым охраняемым, поддержание потенциального плодородия которого является приоритетным для всех времен и сменяющихся поколений.

Деградация черноземов усиливается как при применении интенсивных технологий возделывания культур и высоких доз минеральных удобрений для повышения урожайности, так и в результате снижения экологических функций почв в агроландшафте и общего усиления агронагрузки ([Иванов и др., 2013](#)). Трудно ожидать при таких условиях улучшения свойств агрочерноземов, когда продуктивность приближается к биологическому пределу.

Вызванная обработками плоскостная и ручейковая эрозия на плакорных поверхностях рельефа практически не учитывается, считается, что она ежегодно запахивается и ее не существует в

поверхностном гомогенизированном гумусовом горизонте почв. Учет воздействия эрозии фактически начинается при формировании постоянных водотоков и снижении мощности гумусового горизонта, что требует регулярных мониторинговых исследований почвенного покрова, отсутствие которых снижает качество показателей эродированности почв.

В то же время внутрисочвенный микро- и мезорельеф, не выраженный визуально, дренирует поверхность почв, трансформирует агрегатный состав и формирует тальвеги водотоков на уплотненной поверхности плужной подошвы, продолжая разрушительный процесс эрозии. Шлейф пыли за трактором, производящим обработку почв, предельно ярко демонстрирует дефляционные процессы в условиях дефицита атмосферных осадков и засух.

Обработки почв во всех вариантах использования почвообрабатывающих орудий приводят к усилению эрозии. В мире можно найти ряд классических примеров, когда смена технологии земледелия и монокультуры привела к быстрому развитию эрозии. По экономическим соображениям в разное время посевные площади под сахарным тростником сменились на Кубе на овощные культуры, а в Бразилии – на сою. На плантациях сахарного тростника почвы подвержены обработке один раз в пять лет перед посевом, т. е. обработка почв имеет периодический характер. В результате ежегодных обработок под овощные культуры и сою водная эрозия на Кубе и в Бразилии резко усилилась и вынудила вернуться к возделыванию сахарного тростника или смене землепользования на залежь и/или пастбище для сохранения почв от полного уничтожения ([Белобров, 1989](#); [Каллегари, 2021](#)).

Проблема экологизации земледелия ставит задачу снижения деградации почв. Использование системы прямого посева на практике показывает ее эффективность в этом направлении, приводит к восстановлению свойств черноземов ([Борисов и др. 2018](#); [Дридигер и др. 2020](#); [Белобров и др. 2020](#); [Дридигер и др., 2021](#)). Морфометрические параметры в опытах практически не учитываются, одним разрезом (типичным) характеризуется в разной степени неоднородный почвенный покров опытных и производственных полей. Во-первых, считается, что профиль черноземов

наиболее консервативный по морфологическим свойствам и устойчив во времени, несмотря на антропогенное воздействие ([Лебедева, 1992](#); [Иванов и др., 2013](#)); а во-вторых, отсутствует система охраны и мониторинга почвенного покрова. Вопрос о трансформации морфометрических параметров в технологии прямого посева и роли этих изменений в продуктивности черноземов остается открытым.

Цель работы состоит в оценке влияния прямого посева на трансформацию во времени и пространстве морфометрических параметров типичных черноземов, структур почвенного покрова, и последствий этих изменений в системе экологизации земледелия и глобального изменения климата.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являются типичные черноземы (Narlic Chernozems) (IUSS, 2014) водораздельной поверхности стационара Курского ФАНЦ (Курский район, п. Черемушки) с координатами 51°37',71 с. ш. и 36°15',73 в. д. На базе стационара с 2013 г. ведется научно-производственный опыт по оценке влияния прямого посева на продуктивные свойства типичных черноземов, в том числе впервые на морфометрические параметры (мощность гумусовых горизонтов A_1 и $A_1 + AB$ и глубина вскипания от 10%-ной HCl) в четырех вариантах (отвальная вспашка, комбинированная обработка – чизель + дискование, минимальная обработка – дискование и прямой посев – без обработок почвы). Использовался зерновой севооборот: озимая пшеница – кукуруза – ячмень – горох. Опытные поля имели прямоугольную форму, размером 240 × 100 м с защитными полосами между ними в 3 м и делянками-вариантами 100 × 60 м, развернутыми в пространстве в один ярус.

Рекогносцировочное обследование территории показало соответствие морфометрических данных и морфологических свойств типичным черноземам и структуре почвенного покрова (СПП), характерной для данного региона ([Дайнеко, 1968](#)).

На всех полях до начала эксперимента проведена топографическая съемка (рис. 1) и почвенное картографирование в масштабе 1 : 2 500. Картографирование черноземов велось методом

ручного бурения скважин. На каждом поле заложено по 45 буровых скважин в точках, расположенных по углам прямоугольников размером 25×30 м. Из них 10 скважин на каждом поле, которые обозначены на рисунке 1 точками, характеризуют вспашку и прямой посев. Во всех скважинах описаны морфометрические параметры и особенности морфологических свойств профиля (перерывность землероями, характер вскипания, наличие кротовин в гумусовых горизонтах и V_{ca} и др.).

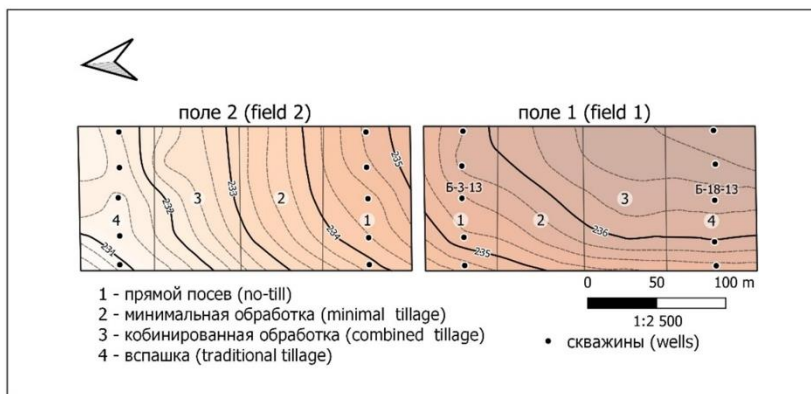


Рис 1. Рельеф полей 1 и 2. Масштаб 1 : 2 500; сплошные горизонталы проведены через 1 м, полугоризонталы – через 25 см.

Fig 1. Relief of fields 1 and 2. Scale 1 : 2 500; continuous contour lines (horizontal) are drawn every 1 m, semi-horizontal (dotted lines) – every 25 cm.

Особенность опыта состоит в повторном измерении морфометрических параметров после первой и второй ротаций в тех же точках, что и до начала опыта, в одно и тоже время после сбора урожая очередной культуры до вспашки и посева озимых. Расположение буровых скважин фиксировалось по разметке делянок на прямоугольники с контролем по GPS марки Garmin rino 120. В качестве примера на рисунке 1 точками обозначены скважины на поле 1 с координатами, характеризующие прямой посев и вспашку: Б-3-13 в прямом посеве – $51^{\circ}37',757$ с. ш. и $36^{\circ}15',731$ в. д.; Б-18-13 при вспашке – $51^{\circ}37',663$ с. ш. и $36^{\circ}15',723$ в. д. Для точ-

ности полученных данных (совместимости по годам измерений) морфометрические параметры на всех полях фиксировались одним и тем же лицом. Погрешность заложения скважин после первой и второй ротации относительно начала опыта составляла не более 25 см. Статистическая обработка данных проведена с помощью непараметрического серийного критерия S_{05} при уровне значимости 0.05 ([Урбах, 1964](#)) и программы Excel 2016.

В результате данной методики морфометрические параметры были измерены в одних и тех же точках до начала опыта и после второй ротации. По этим данным составлены почвенные карты до начала опыта и спустя 8 лет. Карты характеризуют СПП, что дает основу для оценки влияния разных технологий земледелия на трансформацию морфометрических параметров в пространстве.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Опыт на типичных черноземах имеет свои особенности. Он крупноделяночный (60×100 м), что позволило охватить все разнообразие почв стационарной территории и СПП полей, соблюдая элементы агротехнологии в системе прямого посева ([Кирюшин и др., 2019](#); [Юдин и др., 2019](#)).

Измерения морфометрических параметров типичных черноземов на полях 1 и 2 после второй ротации при сравнении с данными до начала эксперимента дали близкие результаты (табл. 1). Только на поле 1 отмечено уменьшение мощности горизонтов $A_1 + AB$ на 13 см.

При равном воздействии внешних природных факторов (климат и агротехнологии) трансформация типичных черноземов на полях не однозначна. Наибольшие изменения произошли на поле 1, где снизилась мощность $A_1 + AB$ на 13 см (табл. 1). На поле 2 изменения минимальны. Вероятно, черноземы полей обладают разной устойчивостью к меняющимся условиям среды, а морфометрические параметры фиксируют связанную с ней трансформацию почв.

Иная картина наблюдается при сравнении традиционной технологии (вспашки) и прямого посева (табл. 2). На поле 1 мощность гумусового горизонта при вспашке и при прямом посеве практически не изменилась, а мощность горизонтов $A_1 + AB$ сни-

зились соответственно на 22 и 10 см. Наибольшая трансформация в параметрах выявлена по глубине вскипания. Выщелоченность карбонатного профиля черноземов на поле 1 уменьшилась за 8 лет на 23 см при вспашке и на 14 см при прямом посеве. В обеих технологиях сохранилась общая тенденция снижения выщелоченности, которая в черноземах при прямом посеве выражена слабее.

Таблица 1. Морфометрические параметры типичных черноземов полей 1 и 2 до и после второй ротации севооборота

Table 1. Morphometric parameters of Haplic Chernozems of fields 1 and 2 before and after the second crop rotation

Поля n = 45	Годы, статистические функции*	Мощность (см)		Вскипание (см)
		A ₁	A ₁ + AB	
1	Ca (2013/2021)	62/59	91/78	72/67
	медиана	65/58	90/78	68/62
	максимум	100/88	145/110	145/125
	минимум	35/35	48/44	35/37
	Co	17/13	21/16	28/23
	Кв	27/22	23/20	39/34
2	Ca(2014/2022)	51/55	106/103	70/72
	медиана	55/57	105/105	67/63
	максимум	75/80	130/148	130/145
	минимум	27/30	70/52	27/24
	Co	13/11	16/19	32/37
	Кв	25/20	15/19	46/51

Примечание. *здесь и далее в таблицах: Ca – средняя арифметическая; Co – стандартное отклонение; Кв – коэффициент вариации.

Note. *here and below in the tables: Ca – arithmetic mean; Co – standard deviation; Кв – coefficient of variation.

Таблица 2. Морфометрические параметры типичных черноземов опытных полей 1 и 2 при использовании технологий “вспашка” и “прямой посев” до и после второй ротации севооборота
Table 2. Morphometric parameters of typical chernozems of experimental fields 1 and 2 using the technologies “plowing” and “no-till” before and after the second crop rotation

Статистические параметры* n = 5	2013 г.			2021 г.		
	Мощность, см		Вскипание, см	Мощность, см		Вскипание, см
	A ₁	A ₁ + AB		A ₁	A ₁ + AB	
Поле 1 (вспашка/прямой посев)						
Ca	66/59	111/80	96/78	67/57	89/70	73/64
медиана	65/58	118/81	98/75	67/57	93/70	80/59
максимум	78/73	125/92	118/92	80/68	96/82	105/73
минимум	55/45	95/68	45/68	55/43	83/54	41/45
Co	9/11	14/9	38/9	12/7	9/24	28/18
Kв	14/19	13/11	40/12	18/12	10/34	38/28
СК S _{0.5}	<i>нет</i>	<i>да</i>	<i>нет</i>	<i>нет</i>	<i>нет</i>	<i>нет</i>

Продолжение Таблицы 2
Table 2 continued

Статистические параметры* n = 5	2014 г.			2022 г.		
	Мощность, см		Вскипание, см	Мощность, см		Вскипание, см
	A _I	A _I + AB		A _I	A _I + AB	
Поле 2 (вспашка/прямой посев)						
Ca	67/47	96/114	75/80	52/61	94/110	64/61
медиана	65/40	100/125	80/65	47/52	93/117	53/50
максимум	75/60	125/130	120/125	73/56	118/123	112/97
минимум	60/35	70/70	45/55	37/40	62/85	28/40
Co	6/11	20/25	30/28	15/7	23/15	36/24
K _B	9/23	21/22	40/35	28/13	24/14	55/39
СК S _{0.5}	<i>да</i>	<i>нет</i>	<i>нет</i>	<i>нет</i>	<i>нет</i>	<i>нет</i>

Примечание. *СК – серийный критерий S_{0.5}; *нет* – означает, что выборки по вспашке и прямому посеву достоверно не различаются, *да* – выборки значимо различаются.

Note. *СК – serial criterion S_{0.5}; *нет* – means that the samples from variants “plowing” and “no-till” do not differ significantly, *да* – the samples differ significantly.

Таким образом, морфометрические параметры черноземов поля 1 при сравнении технологий после ротаций достоверно не различаются, но вместе с тем отражают общий для них тренд, указывающий на уменьшение мощности гумусового горизонта A_1 и гумусированного профиля $A_1 + AB$. Различия по выщелоченности профиля черноземов между применяемыми технологиями также не значимы, что связано с высокой вариабельностью глубины вскипания, которая при вспашке существенно выше, чем при прямом посеве.

Общий для типичных черноземов тренд снижения выщелоченности почв может быть следствием природных явлений (летних засух в период вегетации), а разница – смены технологий. С 2014 по 2020 гг. на территории стационара было 3 засушливых периода (2014, 2019, 2020 гг.) с годовыми осадками в диапазоне 400–500 мм при среднем количестве в 572.8 мм. По месяцам и годам количество осадков варьирует, причем осадки, выпадающие в виде снега, имеют тенденцию к снижению. Длительность сезонов также меняется, зима стала короче, а лето и осень – длиннее. В 2020 г. лето задержалось на 1.5–2.0 недели, а средняя температура за сезон превысила норму на 2–3° (Доклад..., 2021).

На пашне глубина промачивания и влагозарядки во все периоды измерений была, по мнению Г.З. Базыкиной и С.В. Овечкина (2012), меньше, чем в целинной степи. Это результат отсутствия дополнительного накопления снега, глубокого промерзания почв, а также ухудшения структуры, влагоемкости и влагопроницаемости черноземов в результате систематических обработок. В черноземах при прямом посеве наблюдается накопление влаги, по сравнению с почвами при вспашке (Белобров и др., 2021).

Мощность горизонта A_1 изменяется на поле 2, уменьшается при вспашке и увеличивается при прямом посеве, в то время как мощность горизонтов $A_1 + AB$ при вспашке и прямом посеве практически осталась без изменений на обоих полях (табл. 2). Это можно связать с большим уклоном поверхности поля 2 (см. рис. 1) и водной эрозией в периоды ливневых осадков. Растительные остатки на поверхности почв при прямом посеве защищают их от эрозии, способствуя глубокому проникновению влаги вниз по профилю.

Таким образом, за две ротации севооборота на опытных полях наблюдается трансформация морфометрических параметров типичных черноземов. Характер изменчивости параметров по полям различается и обусловлен в основном исходным разнообразием морфометрических параметров компонентов СПП. Состав компонентов СПП на полях существенно различается на родовом и видовом уровне классификации ([Классификация..., 1977](#)), оставаясь в рамках подтипа типичных черноземов.

Доминирует на полях род обычных типичных черноземов. На поле 1 их 95.5%, а на поле 2 существенно меньше – 70.2%. Эту разницу на поле 2 покрывает род карбонатных перерытых (23.0%) и род глубоко вскипающих типичных черноземов (6.8%). Степень зоогенной перерытости и выщелоченности почвенного профиля на поле 2 определяют компонентный состав в СПП и разное воздействие на морфометрические параметры почв природных и антропогенных факторов.

СПП полей в целом имеет топогенно-зоогенный генезис, обусловленный мезо- и микрорельефом, а также деятельностью мезо-, макро- и мегафауны, преимущественно землероев (слепышей). В вытянутых ложбинообразных контурах и депрессионных воронках характерно формирование глубококарбонатных и мощных черноземов, создающих дополнительную сложность и контрастность СПП.

Отдельные, округлой формы и небольшие по площади ареалы почв характерны для запаханых микроповышений сурчинно-слепышового микрорельефа с типичной зоогенной перерытостью, маломощным и высококарбонатным профилем черноземов. Зоогенное перераспределение карбонатов и органического вещества в вертикальном профиле черноземов отражается на водно-тепловом режиме почв, изменчивости морфометрических параметров, формировании СПП с более неоднородным почвенным покровом.

Длительное воздействие однотипной традиционной технологии земледелия, включающей обработки почв, стабилизировало морфометрические показатели черноземов на относительно постоянном уровне. Прямой посев изменил эти параметры и в целом состав почвенного покрова, на поле 1 увеличилась, а на поле 2 уменьшилась доля маломощных почв (табл. 3).

Причина таких изменений может быть связана с деятельностью роющих животных, для которых прекращение обработок один из позитивных факторов существования и возобновления жизнедеятельности типичной для целинных зональных почв ([Целищева, Дайнеко, 1967](#)). Такого рода явления мы наблюдали в Ставрополье, где территория бывшего полевого аэродрома после войны была переведена сначала в пашню, затем в 30-летнюю залежь, и на территории одного из аэропортов в черноземной зоне юга России, где никакие земляные работы и вспашка не осуществлялись. На обеих территориях визуально была хорошо заметна деятельность роющих животных особенно по характеру формирования зоогенного микрорельефа.

В структуре карбонатного профиля черноземов за прошедшее время также произошли изменения. На поле 1 увеличилась доля высоко карбонатных почв, и снизился процент встречаемости средне карбонатных почв (табл. 3). В черноземах на поле 2 увеличилась доля карбонатных почв, вскипающих на глубине до 30 см.

Традиционные (бумажные) почвенные карты с изображением изначальных и измененных контуров демонстрируют пространственную трансформацию компонентов СПП под воздействием природных и антропогенных факторов (рис. 2 и 3).

По мощности A_1 и глубине вскипания наибольшие изменения в почвенном покрове произошли на делянке полей, где применялся прямой посев. Трансформация отдельных компонентов СПП обусловила ее внутреннюю изменчивость, связанную со сменой технологии возделывания культур.

Так снижение мощности гумусового горизонта A_1 связано с усадкой почвы в результате отсутствия обработок, переупаковки агрегатов и уплотнения пахотного слоя ([Дридигер и др., 2020](#)). Разуплотнение и стабилизация плотности при прямом посеве зависит от применяемых в севообороте культур, их корневых систем ([Дридигер, 2016](#)). Трансформация отдельных компонентов СПП обусловлена также зоогенным фактором, роль которого после прекращения обработок возрастает.

Таблица 3. Распределение черноземов (%) по видовым признакам (мощность гумусового горизонта и карбонатность) до начала опыта и после 2-ой ротации на полях 1 и 2

Table 3. Distribution of chernozems (%) by species characteristics (thickness of the humus horizon and carbonate content) before the start of the experiment and after the 2nd rotation in fields 1 and 2

Поля	Год измерений	Черноземы – Ч*						
		Мощность гумусового горизонта			Карбонатность (степень выщелоченности)			
		Чмм	Чсм	Чм	Чк	Чвк	Чск	Чгк
1	2013	9.3	78.0	12.7	-	6.2	62.5	31.3
	2021	24.4	73.4	2.2	-	28.8	42.4	28.8
+/-		+15.1	-4.6	-10.5	-	+22.6	-20.1	-2.5
2	2014	40.0	60.0	-	1.0	25.3	43.3	30.4
	2022	28.8	71.2	-	6.6	22.2	40.1	31.1
+/-		-11.2	+11.2	-	+5.6	-3.1	-3.2	+0.7

Примечание. *мм – маломощные, см – среднемощные, м – мощные, к – карбонатные, вк – высоко карбонатные, ск – средне карбонатные, гк – глубоко карбонатные ([Классификация..., 2004](#)).

Note. *мм – thin, см – medium thickness, м – thick, к – carbonate, вк – high carbonate, ск – medium carbonate, гк – deep carbonate ([Soil classification..., 2004](#)).

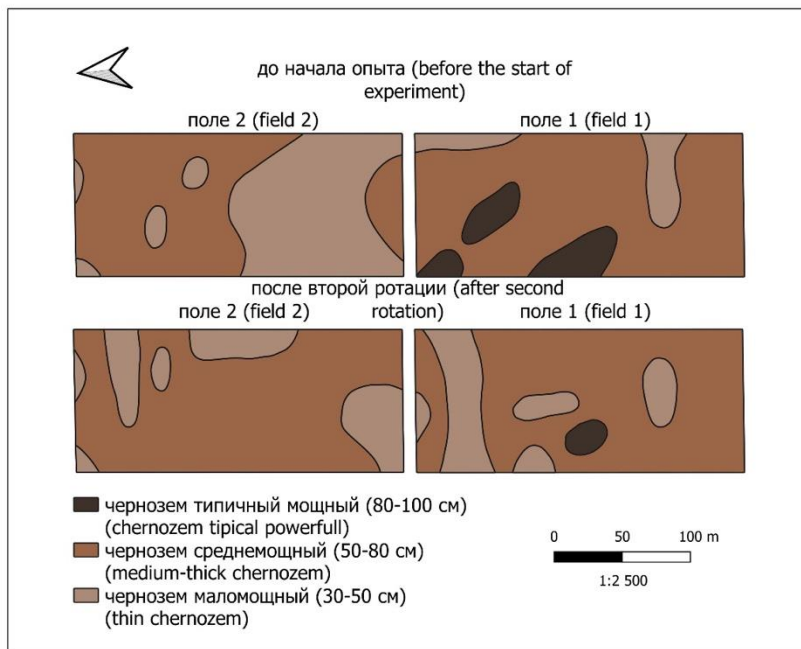


Рис. 2. Мощность гумусового горизонта типичных черноземов полей 1 и 2 до начала опыта и после 2-ой ротации.

Fig. 2. The thickness of the humus horizon of typical chernozems on fields 1 and 2 before the start of the experiment and after the 2nd rotation.

Границы по мощности A_1 между видами почв в классификациях достаточно условны и формализованы (Лебедева, 1992; 2011). В силу этих причин пограничные различия в несколько см определяют разный таксономический ранг черноземов, который фиксируется на почвенной карте определенным ареалом и должен отражать ее качественно-продуктивное состояние в определенный отрезок времени. В этом вопросе мониторинг почвенного покрова наиболее доступными методами (ДЗЗ, БПЛА, георадар, электропроводность и др.) просто необходим для оценки качества почв и их изменений.

По глубине вскипания трансформация СПП по полям после второй ротации хорошо выражена. На фоне увеличения доли вы-

соко карбонатных черноземов изменилась конфигурация контуров как при вспашке, так и при прямом посеве. Это связано с суммарным воздействием внешних природных факторов (летние засухи, рост зимних температур), снижающих выщелоченность почв от карбонатов, и внутренних антропогенных – смена технологии, которая тормозит этот процесс за счет лучшей обеспеченности растений влагой при прямом посеве, отмеченной на этих полях после первой ротации ([Белобров и др., 2021](#)).

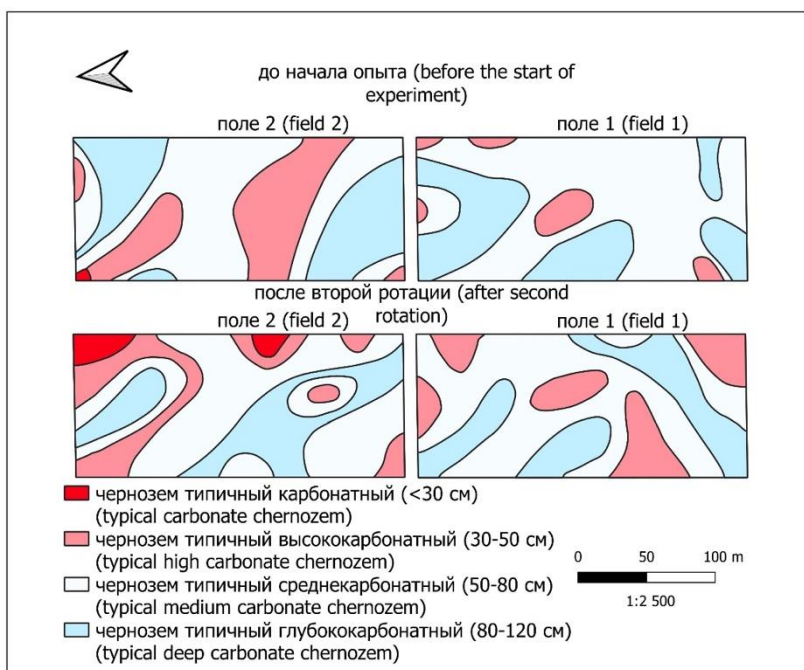


Рис. 3. Карбонатность типичных черноземов полей 1 и 2 до начала опыта и после 2-ой ротации.

Fig. 3. Carbonate content of typical chernozems of fields 1 and 2 before the start of the experiment and after the 2nd rotation.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере научно-производственного опыта выявлена

трансформация типичных черноземов разных видов как компонентов СПП, обусловленная воздействием внешних (климатических) и внутренних (смена технологий земледелия) факторов почвообразования. В течение восьми лет почвенный покров на опытных полях изменился за счет трансформации диагностических параметров типичных черноземов, определяющих таксономический уровень почв, их качество и мелиорацию. Эти изменения статистически не значимы и отражают лишь определенный тренд в вариабельности факторов. Тем не менее такой вектор, как показали исследования, определяет направленность процессов почвообразования и необходимость их учета в модернизируемой системе земледелия.

Интегральный показатель продуктивности почв – мощность гумусового горизонта – продемонстрировал тренды уменьшения и увеличения данного параметра в разных СПП, связанные как с изменением климата, периодическими и не характерными для региона засушливыми периодами ([Базыкина, Овечкин, 2012](#)), так и со сменой технологии обработки почв на прямой посев.

Выщелоченность профиля черноземов во всех вариантах опыта снизилась, что коррелирует с меняющимися по сезонам года климатическими показателями. При этом создаются более благоприятные условия для микро- и мезофауны и деятельности роющих животных, что также приводит к вариабельности морфометрических параметров.

Выявленные тенденции в изменении морфометрии типичных черноземов, интенсивно используемых в земледелии, должны приниматься во внимание, учитывая современные риски, связанные с изменением глобального климата. Ряд компонентов СПП не требует известкования. Растительные остатки на поверхности почв снижают физическое испарение, что способствует аккумуляции влаги, и данные по выщелоченности типичных черноземов при прямом посеве и вспашке это подтверждают. Применение покровных культур в зиму тоже увеличивает влагозапасы, которые расходуются растениями в летний вегетационный период.

Необходимость мониторинга морфометрических параметров типичных черноземов в современном земледелии неоднозначна. С одной стороны, необходим контроль за качеством почв на класси-

фикационном уровне для реестра почвенных ресурсов страны разных рангов и масштабов, с другой – достижения селекции и агрохимии могут перекрывать изменения в морфометрии почв.

С точки зрения сохранения продуктивных свойств типичных черноземов, данные о трансформации морфометрических параметров дают возможность вносить временную и пространственную коррекцию в агроприемы (севооборот, внесение удобрений, применение покровных культур, гербицидов и пестицидов). При прямом посеве улучшается экологическое состояние агроландшафтов, обеспечивается защита почв от водной эрозии, восстанавливаются деградированные свойства почв, расширяются социально-экономические функции типичных черноземов. Все эти изменения фиксируют морфологические свойства почв, мониторинг трансформации которых предпочтителен с применением современных дистанционных методов оценки качества почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева Т.Н., Маркина Л.Г. Эволюция пахотных черноземов Курской области / Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. Воронеж: “Научная книга”, 2017. С. 72–76.
2. Базыкина Г.С., Овечкин С.В. Миграционно-мицелярные черноземы Курской области в климатических и биосферных циклах // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2012. Вып. 70. С. 3–18. DOI: [10.19047/0136-1694-2012-70-3-18](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2012-70-3-18).
3. Белобров В.П. Структура почвенного покрова гумидных и аридных областей субтропиков и тропиков: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. М., 1989. 48 с.
4. Белобров В.П., Юдин С.А., Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Юдина А.В., Дридисгер В.К., Стукалов Р.С., Клюев Н.Н., Замотаев И.В., Ермолаев Н.Р., Иванов А.Л., Холодов В.А. Изменение физических свойств черноземов при прямом посеве // Почвоведение. 2020. № 7. С. 880–890.
5. Белобров В.П., Дридисгер В.К., Юдин С.А., Ермолаев Н.Р. К вопросу о диагностике и защите почв от дефляции в Ставропольском крае // Аграрный вестник Урала. 2021. № 02(205). С. 12–23.
6. Белобров В.П., Юдин С.А., Айдиев А.Ю., Ермолаев Н.Р., Лебедева М.П., Абросимов К.Н., Борисочкина Т.И., Воронин А.Я., Плотникова О.О. Чернозем типичный. Прямой посев, Курская область. Опыт, ротация 1.1. / Гл. ред. Иванов А.Л. М.: ГЕОС, 2021. 127 с.

7. *Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф., Рогожин Д.О., Ефимов О.Е.* Изменение показателей состояния органического вещества и физических свойств чернозема южного при переходе от традиционной к нулевой обработке // Земледелие. 2018. № 8. С. 14–116.
8. *Власенко А.Н., Власенко Н.Г.* Влияние технологии No-till на содержание питательных элементов в черноземе выщелоченном лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2016. № 3. С. 17–19.
9. *Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И.* Изменение показателей плодородия выщелоченного чернозема лесостепи Приобья при использовании технологии No-till // Агрохимия. 2019. № 12. С. 16–21.
10. *Воронин А.Н.* Влияние различных систем обработки почвы на динамику содержания подвижного фосфора в черноземе типичном // Агрохимия. 2014. № 5. С. 32–37.
11. *Дайнеко Е.К.* Структура почвенного покрова Центрально-Черноземного заповедника имени В.В. Алехина и его окрестностей // Химия, генезис и картография почв. М.: Наука, 1968. С. 165–170.
12. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Курской области в 2020 году. Курск, 2021. 214 с.
13. *Дридигер В.К.* Практические рекомендации по освоению технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы в засушливой зоне Ставропольского края. Ставрополь: СНИИСХ, 2016. 80 с.
14. *Дридигер В.К., Иванов А.Л., Белобров В. П., Кутовая О.Л.* Восстановление свойств почв в технологии прямого посева // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1111–1120.
15. *Дридигер В.К., Белобров В.П., Антонов С.А., Юдин С.А., Гаджимаров Р.Г., Лиходиевская С.А., Ермолаев Н.Р.* No-till: эффективная защита почв от эрозии / Ресурсосберегающее земледелие. 2021. № 49(01). С. 39–45.
16. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2014. 768 с.
17. *Иванов А.Л., Лебедева И.И., Гребенников А.М.* Факторы и условия антропогенной трансформации черноземов, методология изучения эволюции почвообразования // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2013. № 72. С. 26–46. DOI: [10.19047/0136-1694-2013-72-26-46](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-72-26-46).
18. *Иванов А. Л., Кулинцев В. В., Дридигер В. К., Белобров В.П.* О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России / Достижения науки и техники АПК. 2021. № 4. Т. 35. С. 8–16.

19. *Каллегари А.* Устойчивое сельское хозяйство базируется на технологии no-till / Ресурсосберегающее земледелие. 2021. № 1(49) С. 29–32.
20. *Карманов И.И., Булгаков Д.С.* Методика почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, АПР. 2012. 122 с.
21. *Кирюшин В.И., Дридигер В.К., Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Козлов Д.Н., Кирюшин С.В., Конищев А.А.* Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева. М.: ООО “Издательство МБА”, 2019. 136 с.
22. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
23. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
24. *Лебедева И.И.* Черноземы Восточной Европы: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. М., 1992. 49 с.
25. *Лебедева И.И.* Гумусовые и карбонатные аккумуляции как диагностические критерии в черноземах Восточной Европы // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2011. Вып. 68. С. 3–18. DOI: [10.19047/0136-1694-2011-68-3-18](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2011-68-3-18).
26. *Лебедева И.И., Королёва И.Е., Гребенников А.М.* Концепция эволюции черноземов в условиях агроэкосистем // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2013. Вып. 71. С. 16–26. DOI: [10.19047/0136-1694-2013-71-16-26](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-71-16-26).
27. *Левченко Е.А., Козлов Д.Н., Смирнова М.А., Авдеева Т.Н.* Диагностические свойства и классификация почв лесостепи Вороно-Цнинского междуречья Приволжской возвышенности // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2017. Вып. 88. С. 3–26. DOI: [10.19047/0136-1694-2017-88-3-26](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-88-3-26).
28. *Оглезнев А.К., Куприян Т.А., Норкина Т.Е. и др.* Методические рекомендации по оценке качества и классификации земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве. М.: Русская оценка, 2003. 169 с.
29. *Петрова Л.Н., Дридигер В.К., Кацаев Е.А.* Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на содержание продуктивной влаги и плотность почвы в севообороте // Земледелие. 2015. № 5. С. 16–18.
30. *Плотникова О.О.* Роль транспортирующей способности водных потоков в изменении некоторых свойств поверхностных горизонтов эродированных черноземов типичных (на примере Курской области): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2021. 20 с.

31. *Савин И.Ю., Столбовой В.С., Аветян С.А., Шишконокова Е.А.* Карта распаханности почв России // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2018. Вып. 94. С. 38–56. DOI: [10.19047/0136-1694-2018-94-38-56](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-94-38-56).
32. *Столбовой В.С., Гребенников А.М.* Индикаторы качества почв пахотных угодий РФ // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 104. С. 31–67. DOI: [10.19047/0136-1694-2020-104-31-67](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-31-67).
33. *Столбовой В.С., Шилов П.М., Петросян Р.Д.* Реестр особо ценных продуктивных сельскохозяйственных угодий Российской Федерации // Достижения науки и техники. 2021. Т. 35. № 1. С. 4–11.
34. *Урбах В.Ю.* Биометрические методы. М.: Наука, 1964. 415 с.
35. *Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И., Чижикова Н.П., Роговнева Л.В.* Почвы Каменной Степи, имеющие признаки Слитогенеза (вертигенеза) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2013. Вып. 72. С. 3–25. DOI: [10.19047/0136-1694-2013-72-3-25](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-72-3-25).
36. *Целищева Л.К., Дайнеко Е.К.* Очерк почв Стрелецкого участка Центрально-Черноземного заповедника // Труды ЦЧГЗ им. В.В. Алехина. Вып. X. М.: Изд-во Лесная промышленность, 1967. С. 154–186.
37. *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 им. В.В. Докучаева, 2019. Вып. 98. С. 132–152. DOI: [10.19047/0136-1694-2019-98-132-152](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-98-132-152).
38. *Gerasimova M.I., Khitrov N.B.* Morphological soil description for classifying soils and interpreting their genesis // Dokuchaev Soil Bulletin. 2016. Vol. 86. P. 8–16. DOI: [10.19047/0136-1694-2016-86-8-16](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-86-8-16).
39. *Gerasimova M.I., Bronnikova M.A., Khitrov N.B., Shorkunov I.G.* Hierarchical morphogenetic analysis of Kursk chernozem // Dokuchaev Soil Bulletin. 2016. Vol. 86. P. 64–76. DOI: [10.19047/0136-1694-2016-86-64-76](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-86-64-76).
40. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO. World Soil Resources Reports. 2014. No. 106. 203 p.

REFERENCES

1. Avdeyeva T.N., Markina L.G., Evolyutsiya pakhotnykh chernozemov Kurskoy oblasti (Evolution of arable chernozems of the Kursk region), In: *Chernozemy Tsentral'noy Rossii: genezis, evolyutsiya i problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya* (Chernozems of Central Russia: genesis,

evolution and problems of rational use), Voronezh: “Nauchnaya kniga”, 2017, pp. 72–76.

2. Bazykina G.S., Ovechkin S.V., Migration-mycelial chernozems in biospheric cycles within the Kursk region, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2012, Vol. 70, pp. 3–18, DOI: [10.19047/0136-1694-2012-70-3-18](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2012-70-3-18).

3. Belobrov V.P., *Struktura pochvennogo pokrova gumidnykh i aridnykh oblastey subtropikov i tropikov: Avtoref. dis. ... dokt. s.-kh. nauk* (The structure of the soil cover of the humid and arid regions of the subtropics and tropics, Extended abstract of Dr. agric. sci. thesis), Moscow, 1989, 48 p.

4. Belobrov V.P., Yudin S.A., Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V., Yudina A.V., Dridiger V.K., Stukalov R.S., Klyuyev N.N., Zamotayev I.V., Yermolayev N.R., Ivanov A.L., Kholodov V.A., *Izmeneniye fizicheskikh svoystv chernozemov pri pryamom poseve* (Changes in the physical properties of chernozems during no-till), *Pochvovedenie*, 2020, No. 7, pp. 880–890.

5. Belobrov V.P., Dridiger V.K., Yudin S.A., Yermolayev N.R., *K voprosu o diagnostike i zashchite pochv ot deflyatsii v Stavropol'skom kraye* (On the issue of diagnostics and protection of soils from deflation in the Stavropol Territory), *Agrarniy vestnik Urala*, 2021, No. 2, pp. 12–23.

6. Belobrov V.P., Yudin S.A., Aydiyev A.Yu., Ermolayev N.R., Lebedeva M.P., Abrosimov K.N., Borisochkina T.I., Voronin A.Y., Plotnikova O.O., *Chernozem tipichnyy. Pryamoy posev, Kurskaya oblast'. Opyt, rotatsiya 1.1.* (Chernozem typical. Direct sowing, Kursk region. Experience, rotation 1.1.), Ivanov A.L. (Ch. Ed.), Moscow: “GEOS”, 2021, 127 p.

7. Borisov B.A., Baybekov R.F., Rogozhin D.O., Yefimov O.E., *Izmeneniye pokazateley sostoyaniya organicheskogo veshchestva i fizicheskikh svoystv chernozema yuzhnogo pri perekhode ot traditsionnoy k nulevoy obrabotke* (Changes in indicators of the state of organic matter and the physical properties of southern chernozem during the transition from traditional to no-till processing), *Zemledeliye*, 2018, No. 8, pp. 14–116.

8. Vlasenko A.N., Vlasenko N.G., *Vliyaniye tekhnologii No-till na sodержaniye pitatel'nykh elementov v chernozeme vyshchelochennom lesostepi Zapadnoy Sibiri* (Influence of No-till technology on the content of nutrients in the leached chernozem of the forest-steppe of Western Siberia), *Zemledeliye*, 2016, No. 3, pp. 17–19.

9. Vlasenko A.N., Vlasenko N.G., Kudashkin P.I., *Izmeneniye pokazateley plodorodiya vyshchelochennogo chernozema lesostepi Priob'ya pri ispol'zovanii tekhnologii No-till* (Change in fertility indicators of the leached chernozem of the forest-steppe of the Ob region using the No-till technology), *Agrokhimiya*, 2019, No. 12, pp. 16–21.

10. Voronin A.N., *Vliyaniye razlichnykh sistem obrabotki pochvy na dinamiku sodержaniya podvizhnogo fosfora v chernozeme tipichnom*

(Influence of various tillage systems on the dynamics of mobile phosphorus content in typical chernozem), *Agrokimiya*, 2014, No. 5, pp. 32–37.

11. Dayneko E.K., *Struktura pochvennogo pokrova Tsentral'no-Chernozemnogo zapovednika imeni V.V. Alekhina i ego okrestnostey* (The structure of the soil cover of the Central Chernozem Reserve named after V.V. Alekhin and its environs), In: *Khimiya, genezis i kartografiya pochv* (Soil chemistry, genesis and mapping), 1968, pp. 165–170.

12. Report on the state and protection of the environment of the Kursk region in 2020, Kursk, 2021, 214 p.

13. Dridiger V.K., *Prakticheskiye rekomendatsii po osvoyeniyu tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur bez obrabotki pochvy v zasushlivoy zone Stavropol'skogo kraya* (Practical recommendations for mastering the technology of cultivating agricultural crops without tillage in the arid zone of the Stavropol' Krai), Stavropol': SNIISKH, 2016, 80 p.

14. Dridiger V.K., Ivanov A.L., Belobrov V.P., Kutovaya O.L., *Vosstanovleniye svoystv pochv v tekhnologii pryamogo poseva* (Restoration of soil properties in no-till), *Pochvovedenie*, 2020, No. 9, pp. 1111–1120.

15. Dridiger V.K., Belobrov V.P., Antonov S.A., Yudin S.A., Gadzhumarov R.G., Likhodiyevskaya S.A., Yermolayev N.R., *No-till: effektivnaya zashchita pochv ot erozii* (No-till: effective protection of soils from erosion), *Resursoberegayushcheye zemledeliye*, 2021, No. 49(01), pp. 39–45.

16. Edinyy gosudarstvennyy reyestr pochvennykh resursov Rossii. Versiya 1.0. (*Unified State Register of Soil Resources of Russia. Version 1.0.*), Moscow, Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, 2014, 768 p.

17. Ivanov A.L., Lebedeva I.I., Grebennikov A.M., *Factors for anthropogenic transformation of chernozems*, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2013, No. 72, pp. 26–46, DOI: [10.19047/0136-1694-2013-72-26-46](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-72-26-46).

18. Ivanov A.L., Kulintsev V.V., Dridiger V.K., Belobrov V.P., *O tselesoobraznosti osvoyeniya sistemy pryamogo poseva na chernozemakh Rossii* (On the feasibility of developing a system of direct sowing on the chernozems of Russia), *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2021, No. 4, Vol. 35, pp. 8–16.

19. Kallegari A., *Ustoychivoye sel'skoye khozyaystvo baziruyetsya na tekhnologii no-till* (Sustainable agriculture based on no-till technology), *Resursoberegayushcheye zemledeliye*, 2021, Vol. 1(49).

20. Karmanov I.I., Bulgakov D.S., *Metodika pochvenno-agroklimaticheskoy otsenki pakhotnykh zemel' dlya kadastra* (Methods of soil-agro-climatic assessment of arable land for the cadastre), Moscow: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchayeva, 2012, 122 p.

21. Kiryushin V.I., *Metodicheskiye rekomendatsii po razrabotke minimal'nykh sistem obrabotki pochvy i pryamogo poseva* (Guidelines for the development

of minimal systems for tillage and no-till), Moscow: "Izdatel'stvo MBA", 2019, 136 p.

22. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* (Classification and diagnostics of Russian soils), Smolensk: Oykumena, 2004, 342 p.

23. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* (Classification and diagnostics of soils of the USSR), Moscow: Kolos, 1977, 223 p.

24. Lebedeva I.I., *Chernozemy Vostochnoy Evropy: Avtoref. dis. ... dokt. geogr. nauk* (Chernozems of Eastern Europe, Extended abstract of Dr. geogr. sci. thesis), Moscow, 1992, 49 p.

25. Lebedeva I.I., Humus and carbonate accumulations as diagnostic criteria in the chernozems of Eastern Europe, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2011, Vol. 68, pp. 3–18, DOI: [10.19047/0136-1694-2011-68-3-18](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2011-68-3-18).

26. Lebedeva I.I., Koroleva I.E., Grebennikov A.M., The concept of evolution of chernozems in agroecosystems, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2013, Vol. 71, pp. 16–26, DOI: [10.19047/0136-1694-2013-71-16-26](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-71-16-26).

27. Levchenko E.A., Kozlov D.N., Smirnova M.A., Avdeeva T.N., Diagnostic properties and classification of forest steppe soil the Vorona-Tsna interfluvium of the Provolzhskaya upland, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2017, Vol. 88, pp. 3–26, DOI: [10.19047/0136-1694-2017-88-3-26](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-88-3-26).

28. Ogleznev A.K., Kupriyan T.A., Norkina T.E., *Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke kachestva i klassifikatsii zemel' po ikh prigodnosti dlya ispol'zovaniya v sel'skom khozyaystve* (Methodological recommendations for assessing the quality and classification of land according to their suitability for use in agriculture), Moscow: Russkaya otsenka, 2003, 169 p.

29. Petrova L.N., Dridiger V.K., Kashchayev E.A., Vliyaniye tekhnologiy vozdeystviya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na sodержaniye produktivnoy vlagi i plotnost' pochvy v sevooborote (Influence of crop cultivation technologies on the content of productive moisture and soil density in crop rotation), *Zemledeliye*, 2015, No. 5, pp. 16–18.

30. Plotnikova O.O., *Rol' transportiruyushchey sposobnosti vodnykh potokov v izmenenii nekotorykh svoystv poverkhnostnykh gorizontov erodirovannykh chernozemov tipichnykh (na primere Kurskoy oblasti): Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* (The role of the transporting capacity of water flows in changing some properties of the surface horizons of typical eroded chernozems (on the example of the Kursk region), Extended abstract of cand. biol. sci. thesis), Moscow, 2021, 20 p.

31. Savin I.Yu., Stolbovoy V.S., Avetyan S.A., Shishkonakova E.A., Map of plowed soils of Russia, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, Vol. 94, pp. 38–56, DOI: [10.19047/0136-1694-2018-94-38-56](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-94-38-56).

32. Stolbovoy V.S., Grebennikov A.M., Soil quality indicators of arable lands in the Russian Federation, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2020, Vol. 104, pp. 31–

67, DOI: [10.19047/0136-1694-2020-104-31-67](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-31-67).

33. Stolbovoy V.S., Shilov P.M., Petrosyan R.D., Reyestr osobo tsennykh produktivnykh sel'skokhozyaystvennykh ugodiy Rossiyskoy Federatsii (Register of especially valuable productive agricultural lands of the Russian Federation), *Dostizheniya nauki i tekhniki*, 2021, Vol. 35, No. 1, pp. 4–11.

34. Urbakh V.Yu., *Biometricheskie metody* (Biometric techniques), Moscow: Nauka, 1964, 415 p.

35. Khitrov N.B., Cheverdin Yu.I., Chizhikova N.P., Rogovneva L.V., Soils with vertic properties in Kamennaya Steppe, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2013, Vol. 72, pp. 3–25, DOI: [10.19047/0136-1694-2013-72-3-25](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-72-3-25).

36. Tselishcheva L.K., Dayneko E.K., Oчерк почв Strelet'skogo uchastka Tsentral'no-Chernozemnogo zapovednika (Essay on the soils of the Streltsy area of the Central Chernozem Reserve), In: *Trudy TSCCHZ im. V.V. Alekhina* (Selected works of the Central Black Earth State Natural Biosphere Reserve named after Professor V.V. Alekhin), Iss. X, Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1967, pp. 154–186.

37. 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, Vol. 98, pp. 132–152, DOI: [10.19047/0136-1694-2019-98-132-152](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-98-132-152).

38. Gerasimova M.I., Khitrov N.B., Morphological soil description for classifying soils and interpreting their genesis, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016, Vol. 86, pp. 8–16, DOI: [10.19047/0136-1694-2016-86-8-16](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-86-8-16).

39. Gerasimova M.I., Bronnikova M.A., Khitrov N.B., Shorkunov I.G., Hierarchical morphogenetic analysis of Kursk chernozem, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016, Vol. 86, pp. 64–76, DOI: [10.19047/0136-1694-2016-86-64-76](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-86-64-76).

40. *IUSS Working Group WRB*. World Reference Base for Soil Resources 2014, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO, World Soil Resources Reports, 2014, No. 106, 203 p.