

УДК 631.434:631.51.01:633.111.1

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-123-128

Е.В. Дубовик

Д.В. Дубовик ✉

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

✉ dubovikdm@yandex.ru

Поступила в редакцию: 15.10.2024

Одобрена после рецензирования: 13.01.2025

Принята к публикации: 28.01.2025

© Дубовик Е.В., Дубовик Д.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-123-128

Elena V. Dubovik

Dmitry V. Dubovik ✉

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

✉ dubovikdm@yandex.ru

Received by the editorial office: 15.10.2024

Accepted in revised: 13.01.2025

Accepted for publication: 28.01.2025

©Dubovik E.V., Dubovik D.V.

Изменение макроструктурного состояния чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Научные исследования по изучению изменений макроструктурного состояния чернозема типичного проводились в полевом стационарном опыте по влиянию агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, основанных на различных способах основной обработки почвы в ФГБНУ «Курский ФАНЦ».

Методы. Для изучения структурно-агрегатного состава почвы был проведен отбор образцов в 3-кратной повторности в слоях 0–10 см и 10–20 см, что определялось различной глубиной обработки чернозема типичного. На каждом варианте опыта по диагонали делянки были выбраны 3 площадки радиусом 5 м, в пределах которых происходила выемка почвенных образцов ненарушенного сложения размером 25 × 25 × 10 см. Определение структурно-агрегатного состава проводили по методу Н.И. Саввинова — сухое и мокрое просеивание.

Результаты. В результате макроструктурного анализа чернозема типичного установлено, что общей закономерностью для всех технологий возделывания озимой пшеницы являлся рост средневзвешенного диаметра воздушно-сухих агрегатов (Dc), и средневзвешенного диаметра частиц, на которые распадаются агрегаты (имеющие диаметр D*) при увлажнении (D-) с глубиной изучаемого слоя. Повышение средневзвешенного диаметра агрегатов, разрушающихся при увлажнении (D*), и показателя неустойчивости структуры к внешним воздействиям (Rws), а также снижение средневзвешенного диаметра водоустойчивых агрегатов (Dm) и условно стабильных агрегатов (Ss) в слое 10–20 см при технологиях, основанных на минимизации обработки почвы, свидетельствуют о формировании структурных отдельностей, обладающих высокой плотностью и низкой пористостью. При возделывании озимой пшеницы по традиционной технологии отмечается наименьший Dc, Dm, Ss и наибольший Rws.

Ключевые слова: чернозем типичный (*Haplic Chernozems*), традиционная технология, дифференцированная технология, минимальная технология, прямой посев, показатели структурно-агрегатного состояния

Для цитирования: Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Изменение макроструктурного состояния чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 123–128.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-123-128>

The change in the macrostructural state of chernozem typical for various technologies of winter wheat cultivation

ABSTRACT

Relevance. Scientific research on the study of changes in the macrostructural state of typical chernozem was carried out in a field stationary experiment on the influence of agrotechnologies of crop cultivation based on various methods of basic tillage in the Federal State Budgetary Institution “Kursky FANTS”.

Methods. For to study the structural and aggregate composition of the soil, samples were taken, in 3-fold repetition in layers of 0–10 cm and 10–20 cm, which was determined by the different depth of processing of typical chernozem. In each variant of the experiment, 3 sites with a radius of 5 m were selected along the diagonal of the plot, and within these limits, soil samples of undisturbed composition with a size of 25 × 25 × 10 cm were excavated. The determination of the structural and aggregate composition was carried out using the method of N.I. Savvinov — dry and wet sieving¹.

Results. As a result of the macrostructural analysis of typical chernozem, it was found that a common pattern for all winter wheat cultivation technologies was the growth of the weighted average diameter of air-dry aggregates (Ds) and the weighted average diameter of particles into which aggregates (having a diameter of D+) disintegrate when moistened (D-) with the depth of the studied layer. An increase in the weighted average diameter of aggregates that collapse during humidification (D+) and the index of instability of the structure to external influences (Rws), as well as a decrease in the weighted average diameter of waterproof aggregates (Dm) and conditionally «stable» aggregates (Ss) in a layer of 10-20 cm with technologies based on minimizing tillage indicates the formation of structural units with high density and low porosity. When cultivating winter wheat using traditional technology, the lowest Ds, Dm, Ss and the highest Rws are noted.

Key words: typical chernozem (*Haplic Chernozems*), traditional technology, differentiated technology, minimal technology, direct sowing, indicators of structural and aggregate state

For citation: Dubovik E.V., Dubovik D.V. Changes in the macrostructural state of chernozem typical for various technologies of winter wheat cultivation. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 123–128 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-123-128>

Введение/Introduction

Сохранение и повышение плодородия почв являются важным направлением государственной политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности и рационального использования земель сельскохозяйственного назначения.

Одно из основных параметров почвенного плодородия — структурное состояние, которое определяет устойчивость почвы к неблагоприятным условиям окружающей среды. Содержание агрономически ценной структуры придает почве рыхлость, которая облегчает прорастание семян и развитие растений, а также является основой для благоприятного водно-воздушного и теплового режима для растений [1]. Вместе с этим возделывание сельскохозяйственных культур с применением различных систем земледелия сопровождается изменением комплекса почвенных свойств [2, 3]. Наибольшие изменения отмечаются в водно-физических и агрохимических свойствах почвы, которые связаны с технологическими особенностями обработки почвы [4, 5]. Для восстановления и сохранения почвенного плодородия, как в России, так и за рубежом, отмечается тенденция к внедрению почвозащитных способов обработки почвы [6] и технологии прямого посева, то есть отказ от обработки почвы [7].

Применение минимальных и нулевых обработок способствует снижению эродированности почв, расположенных на склонах [8–10], сохранению влаги и улучшению структуры почвы [11]. При этом увеличивается кратность применения гербицидов, снижается эффективность поверхностного применения удобрений [12] по сравнению с традиционными обработками.

Снижение глубины обработки зачастую приводит к росту глыбистости почвенной структуры и, соответственно, к потере влаги по отношению к почве с мелкокомковатой структурой [13, 14]. Влияние прямого посева на структурное состояние отмечается в виде трансформации размеров агрегатов, которые отражают восстановительные тренды структуры черноземов [15].

Неоднозначное влияние способа обработки почвы на структурное состояние чернозема требует не только дополнительного исследования, но и методов его оценки, поскольку традиционные

методы оценки изменений структурно-агрегатного состояния не позволяют получить более полную информацию о распределении частиц по размеру и оценить как их устойчивость, так и изменчивость при определенной технологии возделывания культуры.

Цель исследований — изучение макроструктурного состояния чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Научные исследования проводились в полевом стационарном опыте по влиянию агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, в ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (пос. Черемушки, Курский р-н, Курская обл.).

Опыт заложен в 2015 году в четырехпольном зерновом севообороте, развернутом в пространстве всеми четырьмя полями, со следующим чередованием районированных сортов культур: горох — яровой ячмень — соя — озимая пшеница. Варианты в полевом опыте размещены систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60 × 100), повторность трехкратная.

Сорт озимой пшеницы Безостая 100 является районированным в Курской области, занимает большие площади, семена собственного производства. Посев проводили сеялками СЗ-5,4 (ООО «Завод СельМашДеталь», Россия) и Дон 114 (ООО «Новые агроинженерные решения», Россия). Уход за посевами в течение вегетационного периода был согласно изучаемой технологии (табл. 1).

Для изучения структурно-агрегатного состава почвы был проведен отбор образцов в 3-кратной повторности в слоях 0–10 см и 10–20 см, что определялось различной глубиной обработки чернозема типичного^{1, 2}. На каждом варианте опыта по диагонали делянки были выбраны 3 площадки радиусом 5 м, в пределах которых происходила выемка почвенных образцов ненарушенного сложения размером 25 × 25 × 10 см.

Определение структурно-агрегатного состава проводили по методу Н.И. Саввинова — сухое и мокрое просеивание³. Полученные результаты обработаны с помощью интерпретации данных макро- и микроструктуры почвы³.

Таблица 1. Содержание технологий возделывания озимой пшеницы

Table 1. Content of winter wheat cultivation technologies

Агроприемы	Технология			
	традиционная	дифференцированная	минимальная	прямой посев
Способ основной обработки	вспашка	чизель + дискование	дискование	–
Глубина обработки, см	20–22	(20–22) + (8–10)	6–8	–
Основное удобрение, кг / га д. в.	N ₁₇ P ₄₅ K ₄₅	N ₁₇ P ₄₅ K ₄₅	N ₁₇ P ₄₅ K ₄₅	N ₇ P ₁₉ K ₁₉
Припосевное удобрение, кг / га д. в.	–	–	–	N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆
Подкормка в фазу весеннего кущения, кг / га д. в.	N ₅₁	N ₅₁	N ₅₁	N ₅₁
<i>Защита растений:</i>				
интегрированная (механические обработки + пестициды)	+	+	+	–
пестицидная	–	–	–	+

¹ Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат. 1986; 416.

² Теория и методы физики почв / Под ред. Е.В. Шеина, Л.Ю. Карпачевского. М.: Гриф и К. 2007; 616.

³ Хитров Н.Б., Чечуева О.А. Способ интерпретации данных макро- и микроструктурного состояния почв // Почвоведение. 1994; 2: 84–92.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программ Microsoft Excel, Statistica (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При изучении структурно-агрегатного анализа чернозема типичного общей закономерностью для всех технологий возделывания озимой пшеницы независимо от изучаемого слоя являлись:

- преобладание воздушно-сухих агрегатов > 5 мм ($41,44 \pm 1,62\%$) и фракций, полученных после мокрого просеивания размером $< 0,5$ мм ($36,89 \pm 1,06\%$);
- наименьшее содержание воздушно-сухих структурных отдельностей < 1 мм ($7,58-6,41 \pm \pm 0,38-0,71\%$) и водоустойчивых агрегатов > 1 мм ($5,86-2,85 \pm 1,20-0,29\%$).

Вместе с этим следует отметить, что в слое 0–20 см при применении технологии прямого посева и при традиционной технологии количество агрегатов агрономически ценного диапазона (10–0,25 мм) на 9,5–13% больше по сравнению с минимальной и дифференцированной технологиями.

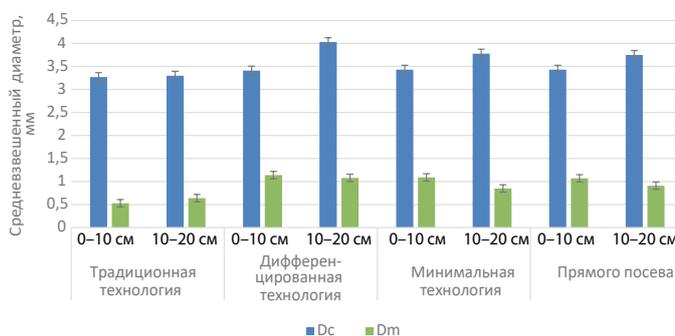
Метод интерпретации полученных данных макроструктурного состояния чернозема типичного по Н.Б. Хитрову и О.А. Чечуевой определил преобладание средневзвешенного диаметра воздушно-сухих агрегатов (Dc) в слоях 0–10 и 10–20 см при дифференцированной и минимальной технологиях и при прямом посеве (рис. 1) по отношению к традиционной технологии. При этом энтропия воздушно-сухих агрегатов (Hc), которая характеризует равномерность распределения содержания структурных отдельностей, по разным фракциям в слое 0–20 см была преобладающей при применении традиционной технологии (2,53), а наименьшее ее значение было установлено при дифференцированной технологии (2,35). Это обусловлено ростом агрегатов размером > 3 мм и снижением агрегатов < 1 мм.

При дифференцированной технологии возделывания озимой пшеницы отмечается максимальный средневзвешенный диаметр водоустойчивых агрегатов почвы (Dm) как в слое 0–10 см, так и в слое 10–20 см (1,14–1,08 мм). При традиционной технологии Dm вне зависимости от слоя почвы был наименьшим — 0,53–0,64 мм. При остальных технологиях возделывания озимой пшеницы изменения данного показателя находились в промежуточном состоянии.

С повышением глубины изучаемого слоя при технологиях, основанных на применении минимизации обработки почвы, отмечается снижение средневзвешенного диаметра водоустойчивых агрегатов на 15–22%, а при традиционной технологии, наоборот, то есть данный показатель с глубиной возрастал

Рис. 1. Гистограмма изменения средневзвешенного диаметра воздушно-сухих (Dc) и водоустойчивых (Dm) агрегатов чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы

Fig. 1. Histogram of changes in the weighted average diameter of air-dry (Dc) and waterproof (Dm) aggregates of chernozem typical for various technologies of winter wheat cultivation



в среднем на 21%. Данные изменения Dm, происходящие с глубиной почвы, показывают роль биоагентов, то есть корневой системы растений в процессе формирования водоустойчивости, что в свою очередь подтверждается высокой корреляционной связью в слое 0–10 см ($r = 0,97$).

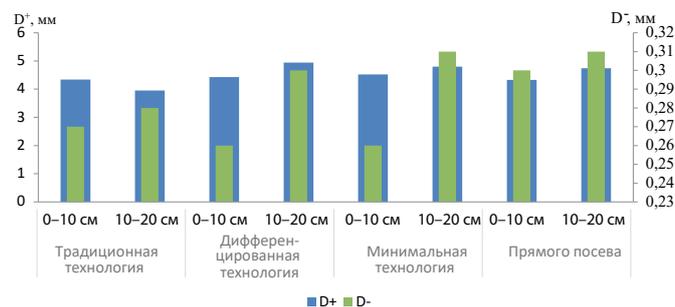
Энтропия распределения агрегатов, полученных после мокрого просеивания (Hm) при технологиях, ориентированных на минимизацию обработки почвы, была существенно выше ($HCP_{05} = 0,20$) по сравнению с традиционной технологией. Это обусловлено тем, что минимизация обработки почвы способствовала более высокому содержанию агрегатов > 1 мм, сохраняющихся после увлажнения.

При дифференцированной и минимальной технологиях, а также при прямом посеве в слое почвы 0–10 см средневзвешенный диаметр агрегатов, разрушающихся при увлажнении (D^+), был ниже, чем в слое 10–20 см, на 6–12% (рис. 2).

При традиционной технологии изменение данного показателя по слоям имело противоположную направленность. При этом агрегаты, разрушающиеся при увлажнении (D^+) в слое 0–10 см, при минимизации обработки почвы, способны распадаться на более мелкие по размеру структурные

Рис. 2. Гистограмма средневзвешенного диаметра агрегатов, разрушающихся при увлажнении (D^+), и средневзвешенного диаметра частиц (D^-), на которые распадутся агрегаты (имеющие средневзвешенный диаметр D^+) при различных технологиях возделывания озимой пшеницы

Fig. 2. Histogram of the weighted average diameter of aggregates collapsing during humidification (D^+) and the weighted average diameter of particles (D^-) into which aggregates (having a weighted average diameter of D^+) disintegrate with various technologies of winter wheat cultivation



отдельности (D^-), нежели в нижних слоях почвы. В слое 10–20 см отмечаются снижение энтропии распределения разрушающихся агрегатов (H^+) и рост энтропии распределения частиц (H^-), на которые в результате увлажнения разрушаются более крупные агрегаты.

Анализируя изменение количества «стабильных» агрегатов (S_s) (рис. 3), которые условно сохраняются без изменения при увлажнении, было выявлено, что в слое 0–10 см оно было преобладающим при дифференцированной технологии (45,46%) и в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы S_s снижалось в ряду «минимальная технология (45,15%) → прямой посев (41,47%) → традиционная технология (32,62%)».

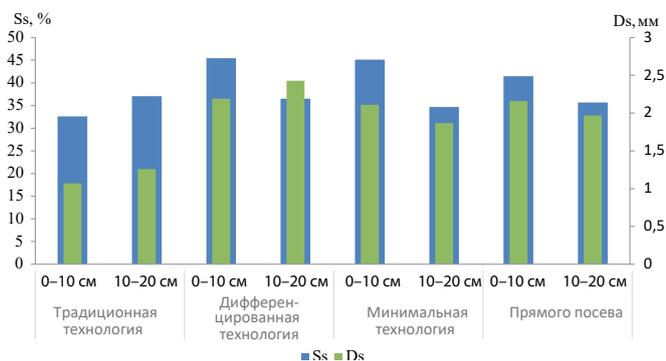
Такое изменение количества «стабильных» агрегатов в верхнем слое при технологиях, ориентированных на минимизацию обработки почвы, обусловлено преобладающим количеством пожнивно-корневых остатков ($r = 0,89$) и содержанием гумуса ($r = 0,90$). В слое 10–20 см отмечается тенденция к росту «стабильных» агрегатов при традиционной технологии, и по сравнению с изучаемыми технологиями эта разница составила 0,54–2,39%.

Изучая не только количество «стабильных» агрегатов, но и средневзвешенный диаметр «стабильных» агрегатов (D_s), было установлено, что при технологиях, направленных на минимизацию обработки почвы, данный показатель был выше (независимо от слоя почвы) в 1,5–2,0 раза по отношению к традиционной технологии ($HCP_{05} = 0,56$). Вместе с этим при применении традиционной и дифференцированной технологий D_s в слое 0–10 см был выше на 18–11%, чем в слое 10–20 см.

При минимальной технологии и прямом посеве размер «стабильных» агрегатов в слое 10–20 см превышал таковой на 11–9% в верхнем слое. Энтропия распределения «стабильных» агрегатов (H_s) вне зависимости от изучаемого слоя возрастала при технологиях, ориентированных на минимизацию обработки почвы, в среднем в 1,0–1,3 раза по отношению к традиционной технологии. Вместе с этим установлено, что с глубиной слоя энтропия распределения «стабильных» агрегатов при минимизации технологии обработки почвы возрастала на 10–13%, а при традиционной технологии — снижалась на 10%. Это

Рис. 3. Гистограмма изменения содержания «стабильных» агрегатов и их диаметр при различных технологиях возделывания озимой пшеницы

Fig. 3. Histogram of changes in the content of “stable” aggregates and their diameter under various technologies of winter wheat cultivation



обусловлено ростом условно «стабильных» агрегатов 5–0,5 мм при дифференцированной технологии, 5–1 мм — при минимальной технологии, агрегатов > 1 мм — при прямом посеве.

Качество почвенной структуры было оценено по двум показателям, предложенным Н.Б. Хитровым и О.А. Чечуевой. Данная оценка включала в себя сумму водоустойчивых фракций > 0,25 мм, полученных после мокрого просеивания по методу Саввинова (S_m), и показатель неустойчивости структуры к внешним воздействиям (R_{ws}), который рассчитывался на основе показателей D_s , D_m , H_s и H_m для сухого и мокрого просеивания по Саввинову при $K = 1$.

Анализ проведенной оценки показал, что слой 10–20 см независимо от изучаемой технологии возделывания озимой пшеницы обладал отличной агрегированностью в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости, что позволяет отнести его к IIIв классу (табл. 2).

Таблица 2. Качество почвенной структуры по агрегированности и водоустойчивости при различных технологиях возделывания озимой пшеницы

Table 2. The quality of the soil structure in terms of aggregation and water resistance in various technologies of winter wheat cultivation

Технология	Глубина, см	S_m , %	R_{ws}	№ класса	Качество структуры	Характеристика структуры
Традиционная	0–10	58,32	2,82	IIIб	среднее	хорошая агрегированность в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости
	10–20	60,96	2,71	IIIв	среднее	отличная агрегированность в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости
Дифференцированная	0–10	61,67	2,28	IVб	хорошее	отличная агрегированность при хорошей водоустойчивости
	10–20	65,60	2,95	IIIв	среднее	отличная агрегированность в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости
Минимальная	0–10	61,05	2,36	IVб	хорошее	отличная агрегированность при хорошей водоустойчивости
	10–20	64,75	2,93	IIIв	среднее	отличная агрегированность в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости
Прямого посева	0–10	66,07	2,36	IVб	хорошее	отличная агрегированность при хорошей водоустойчивости
	10–20	66,45	2,84	IIIв	среднее	отличная агрегированность в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости

В слое 0–10 см при традиционной технологии отмечается хорошая агрегированность почвы в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости, что соотносит ее к IIIв классу. При применении дифференцированной и минимальной технологий и при прямом посеве в слое 0–10 см была выявлена отличная агрегированность почвы при хорошей водоустойчивости, что делает возможным охарактеризовать качество структуры как хорошее и отнести ее к IVб классу. Рост показателя неустойчивости структуры к внешним воздействиям говорит о снижении качества структуры чернозема типичного.

Выводы/Conclusion

Установлено, что независимо от технологии возделывания озимой пшеницы с повышением глубины изучаемого слоя был установлен рост средневзвешенного диаметра воздушно-сухих агрегатов (Dс) и средневзвешенного диаметра частиц, на которые распадаются агрегаты (имеющие средневзвешенный диаметр D⁺) при увлажнении (D⁻).

При технологиях, ориентированных на минимизацию обработки почвы, в слое 10–20 см по

сравнению со слоем 0–10 см выявлено повышение средневзвешенного диаметра агрегатов, разрушающихся при увлажнении (D⁺), показателя неустойчивости структуры к внешним воздействиям (Rws), а также снижение средневзвешенного диаметра агрегатов, выделенных после мокрого просеивания (Dm), и условно «стабильных» агрегатов (Ss). Анализ изменения этих показателей свидетельствует о том, что в слое 10–20 см происходит формирование структурных отдельностей, обладающих высокой плотностью и низкой пористостью, что способствует снижению качества почвенной структуры посредством уменьшения ее водоустойчивости.

В слое 0–20 см при традиционной технологии возделывания озимой пшеницы выявлены наименьший средневзвешенный диаметр воздушно-сухих агрегатов (Dс), средневзвешенный диаметр агрегатов после мокрого просеивания (Dm), количество условно «стабильных» агрегатов (Ss) и их диаметр (Ds), но при этом отмечается наибольший показатель неустойчивости структуры к внешним воздействиям (Rws) по сравнению с другими технологиями.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания № FGZU-2024-0001.

FUNDING

The research was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation with in the framework of the state task No. FGZU-2024-0001.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ушкова Д.А., Конкина У.А., Горепекин И.В., Потапов Д.И., Шеин Е.В., Федотов Г.Н. Устойчивость агрегатов пахотных почв: экспериментальное определение и нормативная характеристика. *Почвоведение*. 2023; (2): 203–210. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600834>
2. Гаевая Э.А., Безуглова О.С., Нежинская Е.Н. Агрофизические свойства чернозема обыкновенного слабоэродированного в длительном опыте в Ростовской области. *Почвоведение*. 2022; (11): 1399–1414. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22110053>
3. Каипов Я.З., Султангазин З.Р., Акчурин Р.Л. Влияние биологизированных севооборотов на органическое вещество и агрофизические свойства почвы в засушливой степи Южного Урала. *Аграрная наука*. 2023; (7): 63–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68>
4. Комиссаров М.А., Клиг А. Влияние нулевой, минимальной и классической обработок на эрозию и свойства почв в Нижней Австрии. *Почвоведение*. 2020; (4): 473–482. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20040073>
5. Казиев М.А., Магомедов Н.Р., Теймуров С.А. Совершенствование системы обработки почвы в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции. *Аграрная наука*. 2023; (8): 86–92. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-86-92>
6. Иванов А.Л., Кулинцев В.В., Дригидер В.К., Белобров В.П. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России. *Достижения науки и техники АПК*. 2021; 25(4): 8–16. <https://elibrary.ru/zjyczr>

REFERENCES

1. Ushkova D.A., Konkina U.A., Gorepekin I.V., Potapov D.I., Shein E.V., Fedotov G.N. Stability of Aggregates of Arable Soils: Experimental Determination and Normative Characteristics. *Eurasian Soil Science*. 2023; 56(2): 177–183. <https://doi.org/10.1134/S1064229322601792>
2. Gaevaya E.A., Bezuglova O.S., Nezhinskaya E.N. Agrophysical Properties of Ordinary Slightly Eroded Chernozem in a Long-Term Experiment in Rostov Oblast. *Eurasian Soil Science*. 2022; 55(11): 1399–1414. <https://doi.org/10.1134/S1064229322110059>
3. Kaipov Ya.Z., Sultangazin Z.R., Akchurin R.L. The influence of biologized crop rotations on organic matter and agrophysical soil layers in the arid steppe of the Southern Urals. *Agrarian science*. 2023; (7): 63–68 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68>
4. Komissarov M.A., Klig A. The Impact of No-Till, Conservation, and Conventional Tillage Systems on Erosion and Soil Properties in Lower Austria. *Eurasian Soil Science*. 2020; 53(4): 503–511. <https://doi.org/10.1134/S1064229320040079>
5. Kaziev M.A., Magomedov N.R., Teymurov S.A. Improvement of the tillage system in the conditions of irrigation of the Tersko-Sulak substructure. *Agrarian science*. 2023; (8): 86–92 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-86-92>
6. Ivanov A.L., Kulintsev V.V., Dridiger V.K., Belobrov V.P. Feasibility of a direct sowing system on the Russian chernozems. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2021; 25(4): 8–16 (in Russian). <https://elibrary.ru/zjyczr>

7. Холодов В.А. и др. Влияние технологии прямого посева на распределение органического углерода и азота во фракциях агрегатов черноземов типичных, обыкновенных и южных. *Почвоведение*. 2021; (2): 240–246. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21020076>

8. Габбасова И.М. и др. Оценка состояния агрочерноземов Зауральской степи в условиях использования системы обработки почвы No-Till. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2014; (6): 32–36. <https://elibrary.ru/sxgfn>

9. Завалин А.А., Дридигер В.К., Белобров В.П., Юдин С.А. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве (обзор). *Почвоведение*. 2018; (12): 1506–1516. <https://doi.org/10.1134/S0032180X18120146>

10. Чебоचाков Е.Я., Иванов О.А., Капсаргин А.И., Муртаев В.Н. Влияние технологий освоения и использования целинных, залежных земель на агроэкологическую устойчивость и плодородие почвы. *Аграрная наука*. 2024; (9): 82–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-82-87>

11. Lenka N.K., Lal R. Soil aggregation and greenhouse gas flux after 15 years of wheat straw and fertilizer management in a no-till system. *Soil and Tillage Research*. 2013; 126: 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.08.011>

12. Борисов Б.А., Рогожин Д.О., Ефимов О.Е. Сравнительная оценка состояния органического вещества и физических свойств чернозема обыкновенного при традиционной и нулевой обработке. *Агротехнический вестник*. 2020; (3): 7–10. <https://elibrary.ru/pownkj>

13. Магомедов Н.Р., Халилов М.Б., Бедоева С.В. Ресурсосберегающие приемы обработки почвы под озимую пшеницу в равнинной зоне Дагестана. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2017; (1): 33–35. <https://elibrary.ru/xtdnth>

14. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Система No-Till на черноземных почвах северной лесостепи Западной Сибири. *Плодородие*. 2021; (3): 81–83. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.15>

15. Юдин С.А., Плотникова О.О., Белобров В.П., Лебедева М.П., Абросимов К.Н., Ермолаев Н.Р. Количественная характеристика микростроения типичных черноземов при использовании разных агротехнологий. *Почвоведение*. 2023; (6): 774–786. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22601438>

7. Kholodov V.A. et al. Influence of No-Till System on the Distribution of Organic Carbon and Nitrogen by Aggregate Size Fractions in Protocalcic, Endocalcic, and Pantocalcic Chernozems. *Eurasian Soil Science*. 2021; 54(2): 285–290. <https://doi.org/10.1134/S1064229321020071>

8. Gabbasova I.M. et al. Assessing the status of agro chernozems in Transurals steppe under conditions of soil treatment system No-Till. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2014; (6): 32–36 (in Russian). <https://elibrary.ru/sxgfn>

9. Zavalin A.A., Dridiger V.K., Belobrov V.P., Yudin S.A. Nitrogen in Chernozems under Traditional and Direct Seeding Cropping Systems: A Review. *Eurasian Soil Science*. 2018; 51(12): 1497–1506. <https://doi.org/10.1134/S1064229318120141>

10. Chebochakov E.Ya., Ivanov O.A., Kapsargin A.I., Murtaev V.N. The impact of technologies for the development and use of virgin, fallow lands on agroecological stability and soil fertility. *Agrarian science*. 2024; (9): 82–87 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-82-87>

11. Lenka N.K., Lal R. Soil aggregation and greenhouse gas flux after 15 years of wheat straw and fertilizer management in a no-till system. *Soil and Tillage Research*. 2013; 126: 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.08.011>

12. Borisov B.A., Rogozhin D.O., Efimov O.E. Comparative assessment of states of the ordinary (calcic) chernozem organic substance and physical properties in traditional and no-till treatment. *Agrochem herald*. 2020; (3): 7–10 (in Russian). <https://elibrary.ru/pownkj>

13. Magomedov N.R., Khalilov M.B., Bedoeva S.V. Resource-saving methods of processing of the soil under winter wheat in a flat zone of Dagestan. *Russian Agricultural Sciences*. 2017; (1): 33–35 (in Russian). <https://elibrary.ru/xtdnth>

14. Vlasenko A.N., Vlasenko N.G. No-Till cultivation on chernozem soils of forest-steppe of northern part of Western Siberia. *Plodородие*. 2021; (3): 81–83 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.15>

15. Yudin S.A., Plotnikova O.O., Belobrov V.P., Lebedeva M.P., Abrosimov K.N., Ermolaev N.R. Quantitative Characteristics of the Microstructure of Typical Chernozems under Different Agricultural Technologies. *Eurasian Soil Science*. 2023; 56(6): 807–817. <https://doi.org/10.1134/s1064229323600343>

ОБ АВТОРАХ

Елена Валентиновна Дубовик

доктор биологических наук
dubovikev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5999-9718>

Дмитрий Вячеславович Дубовик

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор РАН
dubovikdm@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1585-6990>

Курский федеральный аграрный научный центр,
ул. им. Карла Маркса, 70Б, Курск, 305021, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Elena Valentinovna Dubovik

Doctor of Biological Sciences
dubovikev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5999-9718>

Dmitry Vyacheslavovich Dubovik

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian
Academy of Sciences
dubovikdm@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1585-6990>

Federal Agricultural Kursk Research Center,
70B Karl Marx Str., Kursk, 305021, Russia