

**АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ/AGROCHEMISTRY,  
AGROSOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE**DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.5>

EDN: QFJEJF

**ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ  
ХАРАКТЕРЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ**

Научная статья

**Бородина К.С.<sup>1</sup>, Минаев Н.В.<sup>2\*</sup>, Борисов Б.А.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ORCID : 0009-0002-3045-8138;<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-0718-3383;<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-5396-1695;<sup>1,2,3</sup> Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (nminaev[at]rgau-msha.ru)

Предложена: 25.03.2026; Принята: 30.04.2026; Опубликовано: 19.05.2026

**Аннотация**

Исследована динамика структурного состояния чернозёма выщелоченного в 2022–2024 гг. при различных типах землепользования: пашня, распаханная залежь, многолетние травы и целина. Установлено, что наилучшее агрегатное состояние характерно для целинных почв (82–85% агрономически ценных агрегатов), тогда как на пашне их содержание ниже на 15–20%. После распашки залежи и трав в первые два года структура сохраняется на уровне целины, однако на третий год резко деградирует до уровня пашни. Водопрочная структура оказалась более чувствительной к изменениям землепользования. Кроме общего более высокого содержания водопрочных агрегатов, в целинном черноземе выщелоченном наблюдается увеличение и более крупных водопрочных агрегатов по сравнению с пашней.

**Ключевые слова:** структура почвы, агрономически ценные агрегаты, чернозём выщелоченный, Luvic Chernic Phaeozems, залежь, лабильное органическое вещество почв.

**AN EVALUATION OF THE STRUCTURE OF LEACHED BLACK SOILS IN TULA OBLAST UNDER DIFFERENT  
LAND USE CONDITIONS**

Research article

**Borodina K.S.<sup>1</sup>, Minaev N.V.<sup>2\*</sup>, Borisov B.A.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ORCID : 0009-0002-3045-8138;<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-0718-3383;<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-5396-1695;<sup>1,2,3</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (nminaev[at]rgau-msha.ru)

Suggested: 25.03.2026; Accepted: 30.04.2026; Published: 19.05.2026

**Abstract**

The dynamics of the structural condition of leached black soils were studied in 2022–2024 under various land-use types: arable land, ploughed fallow, perennial grasses and virgin soil. It was found that the best aggregate condition is characteristic of virgin soils (82–85% of agronomically valuable aggregates), whereas on arable land their content is 15–20% lower. After ploughing fallow land and grassland, the structure remains at the level of virgin soil for the first two years, but in the third year it degrades sharply to the level of arable land. The water-stable structure proved to be more sensitive to changes in land use. In addition to the generally higher content of water-stable aggregates, an increase in the proportion of larger water-stable aggregates is observed in leached virgin black soils compared with arable land.

**Keywords:** soil structure, agronomically valuable aggregates, leached black soils, Luvic Chernic Phaeozems, fallow land, volatile soil organic matter.

**Введение**

Структура почвы является одним из ключевых факторов, определяющих её физическое состояние и функционирование почвенных экосистем. Пространственная организация минеральных частиц и органического вещества в агрегаты различного размера формирует систему пор, регулиующую водный режим, аэрацию, развитие корневых систем растений и устойчивость почвы к эрозии. Кроме того, структура почвы играет важную роль в стабилизации органического углерода и поддержании биологической активности почвы [1], [2], [3].

Современные исследования рассматривают структуру почвы как иерархическую систему агрегатов и порового пространства, формирующуюся в результате взаимодействия физических, химических и биологических процессов [3]. Устойчивость агрегатов во многом определяется содержанием органического вещества, активностью почвенной биоты и интенсивностью механического воздействия на почву [4].

Интенсивная обработка почвы приводит к разрушению макроагрегатов и снижению их устойчивости. Механическая обработка ускоряет минерализацию органического вещества и способствует распаду агрегатов [5], [6]. Напротив, системы земледелия с пониженной интенсивностью обработки и использованием многолетней растительности способствуют восстановлению агрегатной структуры и увеличению доли макроагрегатов [7], [8].

Значительный вклад в развитие представлений о структуре почв внесли исследования Е.В. Шеина с соавторами, в которых структура рассматривается как иерархическая система, формирующаяся под воздействием физических и биологических факторов [9], [10], [11].

Многие работы рассматривают специфику структуры почвы в различных условиях использования и под действием разных культур [12], [13], [14], [15].

Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых структуре почв, остаётся недостаточно изученной динамика восстановления и деградации агрегатного состояния чернозёмов при переходе между различными типами землепользования в пределах единых почвенно-климатических условий, особенно в первые годы после распашки залежных и травяных участков.

Целью исследования является выявление закономерностей изменения агрегатного состава и водопрочности агрегатов чернозёма выщелоченного в первые годы после изменения типа землепользования и оценка устойчивости структурного состояния в различных агроэкосистемах.

### Объекты и методы

Объектом исследования являлся чернозём выщелоченный угодий опытного хозяйства Тульского НИИСХ Плавского района Тульской области. Для отбора образцов были выбраны 4 участка с разным характером использования:

- пашня — участок с возделыванием яровых зерновых в течение последних 3 лет;
- залежь — участок, находившийся в залежном состоянии не менее 40 лет и введенный в оборот в 2022 году, после чего на нем возделывали яровые зерновые;
- многолетние травы — участок с посевом многолетних трав в 2022 и 2023 годах, которые в 2024 году были замещены озимой пшеницей и целина — участок с разнотравной растительностью, который не подвергался распашке.

При выборе участков учитывались результаты проведённого ранее исследования пространственно-временных связей между характером землепользования и почвенным покровом пахотных угодий на примере Арсеньевского и Плавского районов Тульской области в период с 1969 по 2020 гг. [16].

Почва на всех участках представлена чернозёмом выщелоченным среднемощным среднегумусным тяжелосуглинистым на лессовидном суглинке (КиДП1977) [17] или агрочернозём глинисто-иллювиальный типичный среднемощный сильногумусированный тяжелосуглинистый на лессовидном тяжелом суглинке (КиДП2004) [18] (Luvic Chernic Phaeozems [19]). На каждом участке были заложены разрезы и отобраны образцы из верхнего пахотного горизонта и подпахотного горизонта на глубину 0–20 и 20–40 см соответственно. Отбор образцов почв на этих площадках проводили в 2022, 2023 и 2024 гг. в мае. Отбор выполняли по равнобедренному треугольнику, углы которого располагались в точке заложения разреза и в 2 точках основания треугольника на расстоянии 2 м. Для точной фиксации координат разреза использовался точный геодезический прибор GNSS STONEX Surf III.

Для проведения оценки структуры почвы использовался ситовой метод Н.И. Саввинова (сухое и мокрое просеивание). Образцы почвы ежегодно отбирались из одних и тех же точек. По каждому варианту отобрано по 3 образца массой по 2–2,5 кг.

### Результаты и их обсуждение

Анализ динамики сухих агрегатов в пахотном горизонте показал, что наиболее стабильное структурное состояние характерно для целинных участков, где сохраняется высокое содержание ценных агрегатов. На пашне наблюдалась наибольшая вариабельность показателей, что связано, очевидно, с антропогенным воздействием. Пребывание под многолетними травами способствовало заметному восстановлению структуры, несмотря на колебания показателей.

Из приведенных данных (табл. 1) можно наблюдать, что в почве под постоянной пашней коэффициент структурности с 2022 по 2024 г. имел наиболее низкие значения 2,3, 1,5 и 2,2 соответственно. На участке после многолетних трав в первые два года после распашки отмечен высокий коэффициент структурности — 4,2 и 11,5, а на третий год возделывания зерновых культур, коэффициент структурности почвы также снизился до 2,2, что наглядно показало влияние механической обработки на структурное состояние. В целом, можно отметить заметное влияние многолетних трав на поддержание хорошего структурного состояния почв в севообороте.

Таблица 1 - Агрегатный состав (сухое просеивание) верхней части гумусового горизонта (Апах 0-20 см, для целины А 5-20 см) чернозёма выщелоченного по вариантам землепользования за 2022-2024 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.5.1>

Год	Содержание агрегатов, % от массы воздушно-сухой почвы, размером, мм									Кстр.	Содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	Оценка
	> 10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25			
Пашня												

Год	Содержание агрегатов, % от массы воздушно-сухой почвы, размером, мм									Кстр.	Содержание агрегатов	Оценка
	> 10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25			
2022	24,1	6,3	7,0	14,9	4,9	20,5	12,0	4,2	6,1	2,3	69,8	хорошее
2023	39,5	10,5	8,5	12,0	4,5	14,5	7,5	2,0	1,0	1,5	59,5	удовл.
2024	27,9	6,6	8,9	16,4	6,0	14,2	11,0	5,3	3,7	2,2	68,4	хорошее
Многолетние травы												
2022	13,5	10,4	12,1	20,6	5,5	18,1	9,0	4,9	5,9	4,2	80,6	отличное
2023	6,0	8,0	14,0	27,0	8,0	22,0	10,0	3,0	2,0	11,5	92,0	отличное
2024	29,3	8,5	10,1	17,7	4,5	18,1	7,2	2,8	1,8	2,2	68,9	хорошее
Распаханная залежь												
2022	21,8	10,5	10,4	18,6	7,1	20,6	7,3	2,0	1,7	3,3	76,5	хорошее
2023	9,8	7,5	9,7	21,5	6,7	21,9	13,2	6,7	3,0	6,8	87,2	отличное
2024	23,5	10,1	10,6	18,2	6,2	15,6	8,6	4,2	3,0	2,8	73,5	хорошее
Целина												
2022	15,6	14,5	17,2	23,4	6,2	12,6	5,0	2,8	2,7	4,5	81,7	отличное
2023	16,0	12,5	15,0	22,1	6,5	14,5	7,2	4,2	2,0	4,6	82,0	отличное
2024	13,7	10,6	16,8	26,3	7,4	14,5	6,2	2,5	2,0	5,4	84,3	отличное

Стабильно высокий коэффициент структурности наблюдался на целинном участке, где он находился в диапазоне 4,5–5,4 за 3 года наблюдений, что также подтверждает отличное структурное состояние чернозёма выщелоченного без механической обработки.

На участке залежи, введенном в севооборот в 2022 году, в первый год отмечено хорошее структурное состояние почвы и более высокий коэффициент структурности, чем на пашне, хотя и ниже, чем на целинном участке. На второй год использования структурное состояние стабилизировалось коэффициент структурности составил 6,8, выше, чем у целинного участка. На 3-й год использования структурное состояние приблизилось к показателям пашни и коэффициент структурности снизился до 2,2.

Таким образом, можно сделать заключение, что при отсутствие обработки выщелоченного чернозём в верхней части гумусового горизонта складывается отличное структурное состояние и содержание агрономически ценных агрегатов составляет порядка 82-85%, а после распашки при введении его в сельскохозяйственное использование на 3-й год происходит снижение содержания агрономически ценных агрегатов практически на 10% до уровня пашни. Однако использование многолетних трав в севообороте поднимает уровень структурного состояния до целинного и таким образом позволяет поддерживать высокий уровень агрокультуры и благоприятное структурное состояние.

Оценка структурного состояния по водопрочным агрегатом в верхней части гумусового горизонта (табл. 2) оказалась более чувствительной к характеру землепользования. Более четко прослеживался качественно высокий уровень структуры почвы на целинном участке для верхней части гумусового горизонта. В течение трех лет исследований содержание водопрочных агрономически ценных агрегатов находилось в диапазоне 87–94%. В условиях постоянной пашни содержание водопрочных агрегатов размером 0,25–10 мм составляло менее 70%. На участке распаханной залежи уже в 1 год после распашки содержание водопрочных агрегатов было ниже, чем на целинном участке, что вероятно связано с прямым разрушением структуры, в целом, под воздействием механической обработки почвы и минерализации органического вещества. На участке после распашки многолетних трав также наблюдалось отличное содержание водопрочных агрегатов, в том числе и на 3 год.

Таблица 2 - Агрегатный состав (мокрое просеивание) верхней части гумусового горизонта (Апах 0-20 см, для целины А 5-20 см) чернозёма выщелоченного по вариантам землепользования за 2022-2024 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.5.2>

Год	Содержание агрегатов, % от массы воздушно-сухой почвы, размером, мм						Содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	Оценка
	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25		
Пашня								
2022	1,7	9,4	10,1	30,6	16,6	31,6	68,4	хорошее
2023	1,3	6,8	5,2	27,4	14,6	44,8	55,2	хорошее
2024	7,1	10,3	10,0	28,1	14,4	30,1	69,9	хорошее
Многолетние травы								
2022	9,8	7,5	7,0	26,6	21,9	27,2	72,8	отличное
2023	8,8	9,6	9,8	28,2	18,8	24,8	75,2	отличное
2024	10,8	9,4	8,1	37,1	13,5	21,1	78,9	отличное
Распаханная залежь								
2022	13,8	15,2	11,5	19,1	17,3	23,1	76,9	отличное
2023	13,7	15,0	10,4	22,1	16,5	22,3	77,7	отличное
2024	14,9	12,9	8,3	21,3	18,4	24,1	75,9	отличное
Целина								
2022	25,7	13,7	9,3	24,7	13,7	12,9	87,1	отличное
2023	27,1	16,7	15,1	19,6	9,5	12,0	88,0	отличное
2024	32,2	19,6	20,9	14,4	6,1	6,7	93,3	отличное

Различия между почвами при разном характере землепользования наиболее выражены во фракционном составе водопрочных агрегатов. Так, на целинном участке наблюдалось высокое процентное содержание водопрочных агрегатов фракции 5–3 мм — на уровне 25–30%, и в целом, соотношение фракций смещено в сторону более крупных водопрочных агрегатов. Для почвы пашни, напротив, несмотря на хорошую оценку содержания водопрочных агрегатов, фракция 5–3 мм имела небольшое содержание и баланс фракционного состава был явно смещен в сторону более мелких водопрочных агрегатов. Возделывание многолетних трав позволило несколько улучшить водопрочность более крупных агрегатов и соотношение фракций агрегатов несколько смещалось в сторону средних размеров, увеличивалась доля агрегатов размером 1,0–0,5 и 0,5–0,25 мм. Почва участка распаханной залежи характеризовалась заметно более благоприятной водопрочной структурой по сравнению с почвой постоянной пашни и распаханных многолетних трав. За 3-х летний период сохранилось высокое содержание водопрочных агрегатов фракций 5–3 и 3–2 мм, несмотря на некоторое снижение фракции 5–3 мм в сравнении с целинным участком. Отмечается, что чернозём выщелоченный после введения в оборот из залежного состояния как минимум в течение 3-х лет сохраняет отличное состояние водопрочной структуры и соответственно большую устойчивость к механическому воздействию орудиями основной обработки почвы.

Использование почв в сельскохозяйственном обороте, особенно в пашне при постоянной обработке почвы должно оказывать влияние не только на пахотный горизонт, но и на нижележащий слой. Это воздействие наиболее часто выражается, например, в формировании так называемой «плужной подошвы». Рассмотрим структурное состояние чернозёма выщелоченного на исследуемых участках в подпахотном горизонте, который, как правило, при достаточной мощности составляет нижнюю часть гумусового горизонта (табл. 3.).

Наиболее стабильное структурное состояние нижней части гумусового горизонта характерно для целинных участков. На пашне отмечается умеренная вариабельность показателей. Почвы под многолетними травами демонстрируют высокую способность к поддержанию хорошей структурной организации, несмотря на сезонные колебания. В почве после распахки залежи в исследуемый период наблюдалось выраженное снижение содержания ценных агрегатов.

Таблица 3 - Агрегатный состав (сухое просеивание) нижней части гумусового горизонта (А 20-40 см) чернозёма выщелоченного по вариантам земледелия за 2022-2024 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.5.3>

Год	Содержание агрегатов, % от массы воздушно-сухой почвы, размером, мм									Кстр.	Содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	Оценка
	> 10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25			
<b>Пашня</b>												
2022	36,2	6,9	8,8	15,3	4,8	13,7	8,4	3,4	2,5	1,6	61,3	хорошее
2023	34,0	11,0	10,0	15,0	5,0	15,0	8,0	1,0	1,0	1,9	65,0	хорошее
2024	31,9	8,2	7,1	13,1	5,2	15,8	11,7	3,9	3,1	1,9	65,0	хорошее
<b>Многолетние травы</b>												
2022	27,2	9,1	7,9	16,5	4,0	17,1	10,1	4,2	3,9	2,2	68,9	хорошее
2023	19,2	8,6	12,8	18,3	6,9	17,3	9,5	5,0	2,4	3,6	78,4	хорошее
2024	30	9,9	8,6	14,2	4,9	13,7	8,5	4,4	5,8	1,8	64,2	хорошее
<b>Распаханная залежь</b>												
2022	15,7	9,1	9,7	20,3	8,7	22,6	9,9	1,6	2,4	4,5	81,9	отличное
2023	21,8	13,7	14,5	22,7	4,7	18,5	2,9	0,0	1,2	3,4	77,0	хорошее
2024	33,8	10,5	9,5	17,4	4,2	14,8	6,1	2,2	1,5	1,8	64,7	хорошее
<b>Целина</b>												
2022	19,7	10,4	12,8	18,4	4,8	18,3	9,8	3	2,8	3,4	77,5	хорошее
2023	19,0	12,0	14,0	22,0	5,0	17,0	8,0	2,0	1,0	4,0	80,0	хорошее
2024	23,2	11,4	18,7	22,6	3,9	11,7	4,8	1,7	2,0	3,0	74,8	хорошее

В целом во всех вариантах в нижней части гумусового горизонта отмечается хорошее структурное состояние нижней части гумусового горизонта. Заметны различия в структурном состоянии нижней части гумусового горизонта почв постоянной пашни и целинного участка, на целинном участке отмечено на 10–15% более высокое содержание агрономически ценных агрегатов. Коэффициент структурности почвы целинного участка был почти в 2 раза выше, чем почвы пашни. Ухудшение структурного состояния подпахотного горизонта может привести к снижению урожайности некоторых культур и поэтому требует применения агротехнических мероприятий по улучшению структуры нижней части гумусового горизонта, например, проведения глубокого рыхления. Можно отметить, что многолетние травы в севообороте способствуют рыхлению подпахотного горизонта за счет распространения корневой системы, но в условиях данного наблюдения на 3 год после распашки многолетних трав отмечалось ухудшение структурного состояния до уровня, сравнимого с участком пашни. Примерно такая же ситуация была характерна и для почвы распаханной залежи.

В таблице 4 представлены результаты мокрого агрегатного анализа нижней части гумусового горизонта (20–40 см) чернозёма выщелоченного при различных вариантах земледелия за период 2022–2024 гг.

Анализ водопрочности агрегатов в нижней части гумусового горизонта (табл. 4) показал, что наиболее стабильное состояние водопрочной структуры характерно для целинных участков. На пашне сохраняется относительно высокий уровень водопрочности при умеренных колебаниях показателей. Почвы под многолетними травами демонстрируют значительную вариабельность структурных характеристик, а распаханная залежь характеризуется наиболее контрастной динамикой с тенденцией к улучшению к 2024 году.

Таблица 4 - Агрегатный состав (мокрое просеивание) подпахотного горизонта (А 20-40 см) чернозёма выщелоченного по вариантам землепользования за 2022-2024 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.5.4>

Год	Содержание агрегатов, % от массы воздушно-сухой почвы, размером, мм						Содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	Оценка
	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25		
<b>Пашня</b>								
2022	2,1	4,6	5,9	23,0	28,8	35,6	64,4	хорошее
2023	2,7	6,8	5,4	27,7	25,6	31,8	68,2	хорошее
2024	8,7	12,1	8,2	26,7	11,0	33,3	66,7	хорошее
<b>Многолетние травы</b>								
2022	1,6	4,1	10,7	26,9	28,9	27,9	72,1	отличное
2023	0,6	9,4	5,6	23,2	41,9	19,2	80,8	отличное
2024	8,9	2,6	10,6	17,2	21,7	39,0	61,0	хорошее
<b>Распаханная залежь</b>								
2022	5,4	5,8	8,0	24,2	23,8	32,9	67,1	хорошее
2023	1,5	7,8	5,8	15,7	25,2	44,0	56,0	хорошее
2024	8,3	11,3	8,1	34,2	9,9	28,2	71,8	отличное
<b>Целина</b>								
2022	7,4	11,3	11,3	29,3	20,7	20,0	80,0	отличное
2023	2,9	14,9	10,8	26,9	32,1	12,4	87,6	отличное
2024	31,8	15,7	10,2	21,7	7,4	13,1	86,9	отличное

Оценка структурного состояния по водопрочным агрегатам в нижележащей части гумусового горизонта имеет очевидную разницу в условиях пашни и целинного участков. Так в подпахотном горизонте на участке пашни содержание водопрочных агрономически ценных агрегатов составила 64–68%, что сопоставимо с пахотным горизонтом и общее агрегатное состояние по водопрочной структуре оценивается как хорошее. Целинный участок имеет также высокий показатель содержания водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм 80–88%, что также сопоставимо с верхней частью гумусового горизонта чернозема выщелоченного на целинном участке. На участке с многолетними травами высокий показатель водопрочной структуры также наблюдается в период пребывания на участке трав и падает на 3 год после распашки трав практически на 10–20%.

Полученные результаты согласуются с концепцией агрегатообразования, согласно которой устойчивость структуры определяется взаимодействием органического вещества и биологических факторов [6].

Выявленный эффект временного восстановления структуры после распашки подтверждает данные о роли растительного покрова в формировании макроагрегатов [5]. Однако ограниченность этого эффекта (2–3 года) указывает на необходимость системного подхода к управлению почвенным плодородием.

Более высокая чувствительность водопрочной структуры свидетельствует о её диагностической ценности при оценке состояния почв.

### Заключение

Проведенное исследование агрегатного состояния чернозёма, выщелоченного в течение трех лет при различном характере землепользования показало, что отличное и наиболее стабильное состояние структуры было характерно для почвы целинного участка. В почве, постоянно находившейся под пашней содержание агрономически ценных агрегатов было примерно на 15–20% ниже, чем в целинной почве. Почвы после распашки залежи и после распашки многолетних трав демонстрировали похожие тенденции к изменению структурных характеристик — в первые два года после распашки содержание агрономически ценных агрегатов в них было близко к показателям целинной почвы, а на третий год резко снижалось, приближаясь к показателям постоянной пашни.

Содержание водопрочных агрономически ценных агрегатов в течение исследованного трехлетнего периода было довольно устойчивым: в целинной почве очень высоким (87–93%), в почвах распаханной залежи и многолетних трав ниже примерно на 10%, а в почве под постоянной пашней ниже примерно на 20%.

Оценка структурного состояния в нижней части гумусового горизонта показала, что в почве под постоянной пашней содержание агрономически ценных агрегатов было довольно стабильным, а в почвах остальных вариантов землепользования заметно варьировало и, в целом, было выше, чем пахотной почве на 10–15%.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Рецензия**

Абдушаева Я.М., Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород Российская Федерация  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.5.5>

**Conflict of Interest**

None declared.

**Review**

Abdushaeva Y.M., Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, Veliky Novgorod Russian Federation  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.69.5.5>

**Список литературы / References**

1. Кузнецова И.В. Содержание и состав органического вещества чернозёмов и его роль в образовании водопрочной структуры / И.В. Кузнецова // Почвоведение. — 1998. — 1. — С. 41–50.
2. Dexter A.R. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth / A.R. Dexter // Geoderma. — 2004. — 120. — P. 201–214. — DOI: 10.1016/j.geoderma.2003.09.004
3. Rabot E. Soil structure as an indicator of soil functions: A review / E. Rabot, M. Wiesmeier, S. Schlüter et al. // Geoderma. — 2018. — 314. — P. 122–137. — DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.11.009
4. Bronick C.J. Soil structure and management: a review / C.J. Bronick, R. Lal // Geoderma. — 2005. — 124. — P. 3–22. — DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.03.005
5. Tisdall J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils / J.M. Tisdall, J.M. Oades // Journal of Soil Science. — 1982. — 33. — P. 141–163. — DOI: 10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x
6. Six J. Soil Macroaggregate Turnover and Microaggregate Formation: A Mechanism for C Sequestration under No-Tillage Agriculture / J. Six, E.T. Elliott, K. Paustian // Soil Biology & Biochemistry. — 2000. — Vol. 32. — 14. — P. 2099–2103. — DOI: 10.1016/S0038-0717(00)00179-6
7. Nunes M.R. Tillage Intensity Effects on Soil Structure Indicators—A US Meta-Analysis / M.R. Nunes, D.L. Karlen, T.B. Moorman // Sustainability. — 2020. — 12(5). — P. 1–17. — DOI: 10.3390/su12052071
8. Li P. Global-scale no-tillage impacts on soil aggregates and associated carbon and nitrogen concentrations in croplands: A meta-analysis / P. Li, D. Ying, J. Li et al. // Sci Total Environ. — 2023. — 881. — P. 163570. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163570
9. Шеин Е.В. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов / Е.В. Шеин, Е.Ю. Милановский // Почвоведение. — 2003. — 1. — С. 53–61.
10. Шеин Е.В. Курс физики почв учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 510700 "Почвоведение" и специальности 013000 "Почвоведение" / Е.В. Шеин. — Москва : МГУ, 2005. — 430 с.
11. Шеин Е.В. Органическое вещество и структура почвы: учение В.Р. Вильямса и современность / Е.В. Шеин, Е.Ю. Милановский // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. — 2014. — 1. — С. 42–51.
12. Ширяев А.В. Влияние систем обработки на водопрочность структуры почвы при возделывании кукурузы на зерно / А.В. Ширяев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2014. — 7. — С. 53–55.
13. Несмеянова М.А. Структурно-агрегатный состав и водопрочность почвы под влиянием многолетних бобовых трав / М.А. Несмеянова // Пермский аграрный вестник. — 2015. — 1(9). — С. 50–55.
14. Николаева Е.И. Количественная оценка водостойчивости почвенных агрегатов / Е.И. Николаева // Тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции. — Белгород : Издательский дом "Белгород", 2016. — С. 368–369.
15. Зубкова Т.А. Физико-механические свойства агрегатов в разновозрастных залежах, как показатель восстановления структуры почвы / Т.А. Зубкова, Н.И. Суханова, Ю.П. Бондарев // Тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции. — Белгород : Издательский дом "Белгород", 2016. — С. 250–251.
16. Королева П.В. Пространственно-временные связи между землепользованием и почвенным покровом пахотных угодий (на примере Арсеньевского и Плавского районов Тульской области в период с 1969 по 2020 гг.) : дис. ...канд. с.-х. наук : 1.5.19 : защищена 2023-04-05 / П.В. Королева. — Москва, 2023. — 145 с.
17. Егоров В.В. Классификация и диагностика почв СССР / В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова и др. — Москва : Колос, 1977. — 221 с.
18. Шишов Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева и др. — Смоленск : Ойкумена, 2004. — 341 с.
19. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и составления легенд почвенных карт. Мировая реферативная база почвенных ресурсов. — 4-е издание. — Москва : МАКС Пресс, 2024. — 248 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Kuzneczova I.V. Soderzhanie i sostav organicheskogo veshhestva chernozyomov i ego rol' v obrazovanii vodoprochnoj struktury' [The content and composition of organic matter in chernozems and its role in the formation of a water-resistant structure] / I.V. Kuzneczova // Eurasian Soil Science. — 1998. — 1. — P. 41–50. [in Russian]
2. Dexter A.R. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth / A.R. Dexter // Geoderma. — 2004. — 120. — P. 201–214. — DOI: 10.1016/j.geoderma.2003.09.004



3. Rabot E. Soil structure as an indicator of soil functions: A review / E. Rabot, M. Wiesmeier, S. Schlüter et al. // *Geoderma*. — 2018. — 314. — P. 122–137. — DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.11.009
4. Bronick C.J. Soil structure and management: a review / C.J. Bronick, R. Lal // *Geoderma*. — 2005. — 124. — P. 3–22. — DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.03.005
5. Tisdall J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils / J.M. Tisdall, J.M. Oades // *Journal of Soil Science*. — 1982. — 33. — P. 141–163. — DOI: 10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x
6. Six J. Soil Macroaggregate Turnover and Microaggregate Formation: A Mechanism for C Sequestration under No-Tillage Agriculture / J. Six, E.T. Elliott, K. Paustian // *Soil Biology & Biochemistry*. — 2000. — Vol. 32. — 14. — P. 2099–2103. — DOI: 10.1016/S0038-0717(00)00179-6
7. Nunes M.R. Tillage Intensity Effects on Soil Structure Indicators—A US Meta-Analysis / M.R. Nunes, D.L. Karlen, T.B. Moorman // *Sustainability*. — 2020. — 12(5). — P. 1–17. — DOI: 10.3390/su12052071
8. Li P. Global-scale no-tillage impacts on soil aggregates and associated carbon and nitrogen concentrations in croplands: A meta-analysis / P. Li, D. Ying, J. Li et al. // *Sci Total Environ*. — 2023. — 881. — P. 163570. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163570
9. Shein E.V. Rol' i znachenie organicheskogo veshhestva v obrazovanii i ustojchivosti pochvenny'x agregatov [The role and importance of organic matter in the formation and stability of soil aggregates] / E.V. Shein, E.Yu. Milanovskij // *Eurasian Soil Science*. — 2003. — 1. — P. 53–61. [in Russian]
10. Shein Ye.V. Kurs fiziki pochv uchebnik dlya studentov visshikh uchebnikh zavedenii, obuchayushchikhsya po napravleniyu 510700 "Pochvovedenie" i spetsialnosti 013000 "Pochvovedenie" [Soil physics course is a textbook for students of higher educational institutions studying in the field of 510700 "Soil Science" and specialty 013000 "Soil Science"] / Ye.V. Shein. — Moscow : MGU, 2005. — 430 p. [in Russian]
11. Shein E.V. Organicheskoe veshhestvo i struktura pochvy: uchenie V.R. Vil'yamsa i sovremennost' [ORGANIC MATTER AND SOIL STRUCTURE: V.R. WILLIAMS THEORY AND MODERNITY] / E.V. Shein, E.Yu. Milanovskij // *Proceedings of Timiryazev Agricultural Academy*. — 2014. — 1. — P. 42–51. [in Russian]
12. Shiryaev A.V. Vliyaniye sistem obrabotki na vodoprochnost' struktury' pochvy' pri vozdeley'vanii kukuruzy' na zerno [The influence of treatment systems on the water resistance of the soil structure during the cultivation of corn for grain] / A.V. Shiryaev // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. — 2014. — 7. — P. 53–55. [in Russian]
13. Nesmeyanova M.A. Strukturno-agregatny'j sostav i vodoprochnost' pochvy' pod vliyaniem mnogoletnix bobovy'x trav [Structural and aggregate composition and water resistance of the soil under the influence of perennial legumes] / M.A. Nesmeyanova // *Perm Agrarian Bulletin*. — 2015. — 1(9). — P. 50–55. [in Russian]
14. Nikolaeva Ye.I. Kolichestvennaya otsenka vodoustoichivosti pochvennikh agregatov [Quantitative assessment of the water resistance of soil aggregates] / Ye.I. Nikolaeva // *Tezisy dokladov VII s"ezda Obshchestva pochvedov im. V.V. Dokuchaeva i Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchnoj konferencii* [Abstracts of the VII Congress of the V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists and the All-Russian Scientific Conference with international participation]. — Belgorod : Izdatelskii dom "Belgorod", 2016. — P. 368–369. [in Russian]
15. Zubkova T.A. Fiziko-mekhanicheskie svoystva agregatov v raznovozrastnikh zalezkhakh, kak pokazatel vosstanovleniya strukturi pochvi [Physico-mechanical properties of aggregates in deposits of different ages as an indicator of soil structure restoration] / T.A. Zubkova, N.I. Sukhanova, Yu.P. Bondarev // *Tezisy dokladov VII s"ezda Obshchestva pochvedov im. V.V. Dokuchaeva i Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchnoj konferencii* [Abstracts of the VII Congress of the V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists and the All-Russian Scientific Conference with international participation]. — Belgorod : Izdatelskii dom "Belgorod", 2016. — P. 250–251. [in Russian]
16. Koroleva P.V. Prostranstvenno-vremennye svyazi mezhdru zemlepolzovaniem i pochvennim pokrovom pakhotnikh ugodii (na primere Arsenevskogo i Plavskogo raionov Tul'skoi oblasti v period s 1969 po 2020 gg.) [Spatial and temporal relations between land use and the soil cover of arable land (using the example of the Arsenyevsky and Plavsky districts of the Tula region in the period from 1969 to 2020)] : dis...Candidate of Agricultural Sciences : 1.5.19 : defense of the thesis 2023-04-05 / P.V. Koroleva. — Moscow, 2023. — 145 p. [in Russian]
17. Yegorov V.V. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnostics of soils of the USSR] / V.V. Yegorov, V.M. Fridland, Ye.N. Ivanova et al. — Moscow : Kolos, 1977. — 221 p. [in Russian]
18. Shishov L.L. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of Russian soils] / L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva et al. — Smolensk : Oikumena, 2004. — 341 p. [in Russian]
19. Mezhdunarodnaya sistema pochvennoj klassifikatsii dlya diagnostiki pochv i sostavleniya legend pochvennykh kart. Mirovaya referativnaya baza pochvennykh resursov [International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Reference Base for Soil Resources]. — 4th edition. — Moscow : MAKS Press, 2024. — 248 p. [in Russian]