

УДК 631.48 (470.325)
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-4-0-4
EDN JGSJYP

Эталонное качество почвенной структуры нативных черноземов на юге Среднерусской возвышенности

Новых Л.Л., Чендев Ю.Г., Нарожняя А.Г.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
novykh@bsuedu.ru

Аннотация. Для оценки деградации физического состояния черноземов необходимо иметь представление об уровне показателей в целинных или залежных почвах, которые могут служить эталонами для сравнения с антропогенно преобразованными почвами. Цель исследования – анализ структурно-агрегатного состава и водопрочности структуры черноземов девяти участков распространения старых выгонов и сенокосов на территории Белгородской области, выявление факторов, влияющих на структуру, сравнение с параметрами целинной почвы и определение перспектив использования участков как эталонных для определения степени деградации физического состояния почв. Научная значимость работы: получены новые данные об особенностях структурно-агрегатного состава и водопрочности структуры почв, которые не подвергались обработке, но длительное время использовались в качестве выгонов или сенокосов. Практическая значимость работы: определены перспективные участки, на которых качество структуры черноземов соответствует эталонному (целинному) варианту. Исследование базируется на субстантивном и геоэкологическом подходах. Основные методы исследования – историко-картографический, геоинформационный, полевого исследования почв (профильный и морфологический), лабораторно-инструментальные, сравнительный анализ, математико-статистический. Основные результаты: выявлены участки, на которых структура черноземов близка к пахотным вариантам почвы, что не позволяет говорить об эталонности их структуры.

Ключевые слова: деградация черноземов, нативные почвы, эталонно-значимые почвы, структурно-агрегатный состав, водопрочность структуры, историко-картографический метод, кластерный анализ

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 24-17-00154 «География, свойства и эталонные функции нативных черноземов лесостепи юга Среднерусской возвышенности».

Для цитирования: Новых Л.Л., Чендев Ю.Г., Нарожняя А.Г. 2025. Эталонное качество почвенной структуры нативных черноземов на юге Среднерусской возвышенности. Региональные геосистемы, 49(4): 696–710. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-4-0-4 EDN: JGSJYP

Reference Quality of the Soil Structure of Native Chernozems in the South of the Central Russian Upland

Larisa L. Novykh, Yuri G. Chendev, Anastasia G. Narozhnyaya

Belgorod State National Research University,
85 Pobedy St., Belgorod 308015, Russia
novykh@bsuedu.ru

Abstract. Assessing the degradation of the physical condition of chernozems requires the knowledge on the level of indicators in virgin or fallow soils, which can serve as standards for comparison with anthropogenically transformed soils. In the south of the Central Russian Upland, there is an acute shortage of such soils, so the search, study and use of reference qualities of native soils and preserved

natural fragments of the soil cover are relevant. The objective of the study is to analyze the structural and aggregate composition and water stability of the structure of chernozems in nine areas of old pastures and hayfields in the Belgorod Region, to reveal factors influencing the structure, to compare them with the parameters of virgin soil and to identify the prospects for using the sites as reference for determining the degree of degradation of the physical condition of soils. The scientific significance of the work lies in obtaining new data on the features of the structural and aggregate composition and water stability of the structure of soils that were not processed, but used for a long time as pastures or hayfields. The practical significance of the work consists in identifying promising areas where the quality of the structure of chernozems corresponds to the reference (virgin) variant. The study is based on the substantive and geoecological approaches. The main research methods are historical and cartographic ones, the geoinformation method, field soil research (profile and morphological), laboratory and instrumental methods, comparative analysis, mathematical and statistical methods. The main result of the study is identifying the areas where the structure of chernozems is close to arable soil variants, which does not allow us to talk about the standard nature of their structure. To assess the structural properties of the soil as standard, it is necessary that the area should be free from ploughing and less used as a pasture.

Keywords: degradation of chernozems, native soils, standard-significant soils, structural-aggregate composition, water resistance of the structure, historical and cartographic method, cluster analysis

Acknowledgements: The work has been supported by the Russian Science Foundation, project No. 24-17-00154 “Geography, properties and reference functions of native chernozems of the forest-steppe zone in the south of the Central Russian Upland”.

For citation: Novykh L.L., Chendev Yu.G., Narozhnyaya A.G. 2025. Reference Quality of the Soil Structure of Native Chernozems in the South of the Central Russian Upland. *Regional Geosystems*, 49(4): 696–710 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-4-0-4 EDN: JGSJYP

Введение

В соответствии с современными представлениями [Белобров и др., 2020] нерешенной проблемой и мирового, и российского земледелия является деградация почв. Причин деградации много, но главной из них считают агрогенное воздействие традиционного «пахотного» земледелия. Оно осуществляется с помощью механической обработки почвы; такая технология и в настоящее время является основной агропроизводственной технологией в России. Многочисленные обработки почвы любыми почвообрабатывающими орудиями, усиление деvegetации почв вследствие ежегодного удаления части органических остатков с урожаем приводят к уменьшению содержания органического вещества, которое считают важнейшим параметром плодородия почв. Ухудшение качества почвы, или ее физическая деградация, считается важной экономической и экологической проблемой, радикальное ускорение процессов деградации является очевидным результатом деятельности человека [Labaz et al., 2022].

К агрогенному воздействию добавляется влияние других отраслей сельского хозяйства: в глобальном масштабе около 20 % пастбищных и сенокосных угодий в мире деградировали, в основном, из-за чрезмерного выпаса скота, уплотнения почвы и эрозии, вызванной вытаптыванием [Hu et al., 2021]. Интенсификация сельского хозяйства привела к повсеместной деградации структуры почвы. Ухудшение структуры может препятствовать движению воздуха, воды и тепла в почве, тем самым снижая биологическую и экономическую продуктивность и экологическую целостность почвы.

Черноземы и другие плодородные типы почв имеют важное значение для продовольственной безопасности многих стран, но они также подвержены деградации. Как отмечают исследователи [Novák et al., 2025], несмотря на истощение питательных веществ и снижение микробиологической активности в пахотных вариантах черноземов, они длительное время сохраняют свой таксономический статус. По мнению В. Labaz et al. [2022]

проблема деградации черноземов осложняется тем, что во многих регионах мира черноземы являются реликтовыми почвами с точки зрения почти тотальной антропогенной измененности почв и почвенного покрова. В таких районах деградация черноземов означает необратимую потерю ценнейшего почвенного ресурса. Анализ деградации черноземных почв во всем мире, проведенный L. Rui et al. [2025], показывает, что снижение структурных свойств почвы повышает ее восприимчивость к уплотнению, ветровой и водной эрозии. Именно агрегатная стабильность является ключевым параметром для оценки ухудшения структуры и первым шагом к возникновению различных типов деградации. Авторами признается, что хроническое уплотнение почвы очень трудно устранить.

Вопросы оценки физической деградации черноземов рассматриваются достаточно давно. Так известным агрофизиком В.В. Медведевым [2013] в качестве критериев было предложено оценивать физическую деградацию черноземов по содержанию агрономически полезной структуры, ее водоустойчивости и равновесной плотности сложения. Исходя из такого подхода, нужно иметь представление об уровне названных показателей в целинных или залежных почвах.

Восточно-Европейская лесостепь, представленная на территории Белгородской области, характеризуется существенной антропогенной трансформацией почвенного покрова. Причинами такой ситуации являются социально-экономические факторы – регион давно и плотно заселен. Как результат, здесь наблюдается острый дефицит эталонных почв, которые необходимы для установления степени деградации антропогенно преобразованных почв, что было отмечено авторами ранее [Чендев и др., 2024].

Обычно в качестве эталонов рассматриваются почвы особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В Белгородской области есть федеральный заповедник «Белогорье», созданный в 2000 г. после реорганизации системы заповедников, который представлен пятью участками [Касаткина и др., 2012]. Анализ особенностей этих участков показывает, что все они расположены в условиях пересеченного рельефа, для которого характерны овражно-балочная сеть, изрезанные балками речные склоны и даже меловые горные выходы. В результате на территориях заповедных участков широко развиты почвы, которые не типичны для плакорных или слабонаклонных территорий и не используются в сельском хозяйстве, поэтому многие почвы заповедных территорий не могут выступать в Белгородской области в качестве эталонов.

В связи с этим актуальным становится поиск, изучение и использование эталонных качеств нативных почв и сохранившихся естественных фрагментов почвенного покрова. Для таких участков ненарушенных почв под естественной или восстановленной растительностью необходима оценка возможности их использования в качестве эталонов.

Цель исследования – анализ структурно-агрегатного состава и водопрочности структуры не находившихся в распашке черноземов девяти участков распространения старых выгонов и сенокосов на территории Белгородской области, выявление факторов, влияющих на структуру, сравнение с параметрами целинной почвы и определение перспектив использования участков как эталонных для определения степени деградации физического состояния почв. Такие черноземы ранее были названы нами «эталонно значимыми», чтобы отличать их от «эталонных черноземов» заповедников [Чендев и др., 2024].

Объекты и методы исследования

Основные методы исследования – историко-картографический, геоинформационный, полевого исследования почв (профильный и морфологический), лабораторно-инструментальные, сравнительный анализ, математико-статистический.

Историко-картографический анализ старинных карт является методом исследования пространственно-временных изменений компонентного состава геосистем. Ранее авторы использовали этот метод для реконструкции изменений во времени

растительности [Pimenov et al., 2025], гидрографической сети, угодий, выявления почвенных агрохронорядов. Подробная характеристика метода и его отдельных приемов приведена в работе Чендева с соавторами [2024]. Для поиска участков с нативными черноземами было проведено изучение крупномасштабных карт конца XVIII, середины и конца XIX, середины XX вв. и современных спутниковых снимков. На всех картах проводился поиск участков луговых степей, которые являлись сенокосами и/или выгонами, т.е. на момент создания карты они не распахивались. Подготовленный набор карт подвергали процедурам оцифровывания и координатной привязки. Использовано программное обеспечение и необходимый набор инструментов в среде ArcGIS. Сопоставление карт в едином пространстве позволило выделить участки, которые на протяжении всего изучаемого периода оставались под сенокосами и выгонами.

После историко-картографического анализа осуществлялись рекогносцировочные выезды на планируемые участки полевого исследования растительности и почв сенокосов–выгонов, в ходе которых проводилась визуальная оценка нарушенности поверхности участков дорогами, строительными работами и локальными выемками грунта. Полевой этап исследований включал заложение полных почвенных разрезов и скважин на 9 участках, которые не распахиываются в течение 250–300 лет и не имеют видимых нарушений поверхности. На рис. 1 показано местоположение исследуемых участков и преобладающие почвы на их территории.

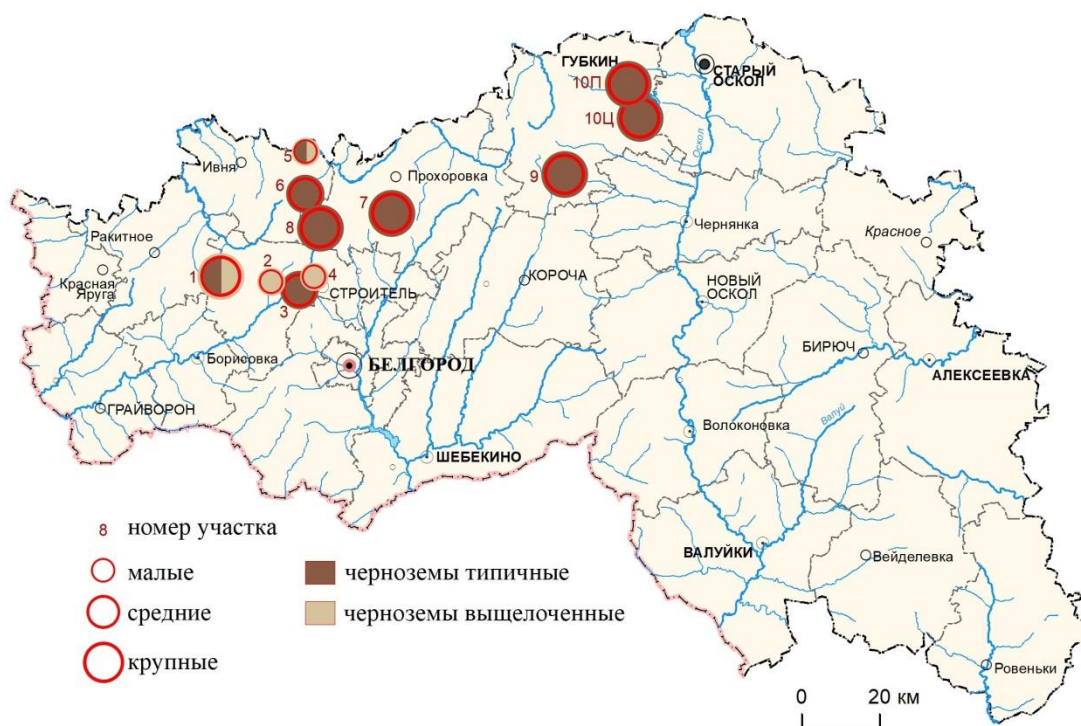


Рис. 1. Местоположение исследуемых участков и преобладающие почвы на их территории:

А) крупные по площади: 1 – Коровино, 7 – Жимолостное, 8 – Рождественка, 9 – Юрьевка;

В) средние: 3 – Задельное, 6 – Сухосолотино; С) малые: 2 – Триречное, 4 – Быковка,

5 – Сафоновка; D) участки для сравнения: 10 Ц – целинный заповедный участок «Ямская степь»;

10 П – пахотный участок в окрестностях заповедника

Fig. 1. Location of the study sites and the predominant soils in their territory:

A) ones with large area: 1 – Korovino, 7 – Zhimolostnoye, 8 – Rozhdestvenka, 9 – Yuryevka;

B) medium-size sites: 3 – Zadelnoye, 6 – Sukhosolotino; C) small ones: 2 – Trirechnoye, 4 – Bykovka,

5 – Safonovka; D) sites for comparison: 10 Ц – virgin land reserve site “Yamskaya Steppe”;

10 П – arable site in the vicinity of the reserve

Эти участки обладают следующими общими чертами:

- все они находятся в северной части территории области, в подзоне типичной лесостепи, т.е. характеризуются близкими значениями климатических показателей;
- общность рельефа: участки выделены на плакорах и приплакорных склонах;
- на всех участках развита луговая растительность с доминированием злаков и разнотравья;
- почвообразующие породы представлены, преимущественно, лессовидными суглинками или глинами, кроме участка «Триречное», где описаны покровные глины;
- на всех участках господствуют почвы черноземного типа;
- участки похожи по длительности и характеру хозяйственного использования: они не распахивались, но служили сенокосами или выгонами для домашних животных.

Перечисленные свойства участков показывают, что все они по своим особенностям близки к целинному участку «Ямская степь», который также находится в указанной части области, за исключением хозяйственного использования. Сравнение свойств почв исследуемых участков и целинного варианта позволяет установить наличие или отсутствие деградации структуры при использовании участков в качестве сенокосов-выгонов. Если структура почвы не деградировала, то такие участки можно считать эталонно-значимыми для установления степени деградации структуры обрабатываемых почв. При этом для соблюдения принципа единственного различия, оцениваемые пахотные почвы должны обладать сходными чертами с названными почвами, за исключением главного изучаемого различия – характера обработки почвы.

На рис. 2 приведены примеры почвенных профилей типичных черноземов исследуемых участков, которые отличаются по характеру почвообразующей породы и мощности гумусового горизонта.

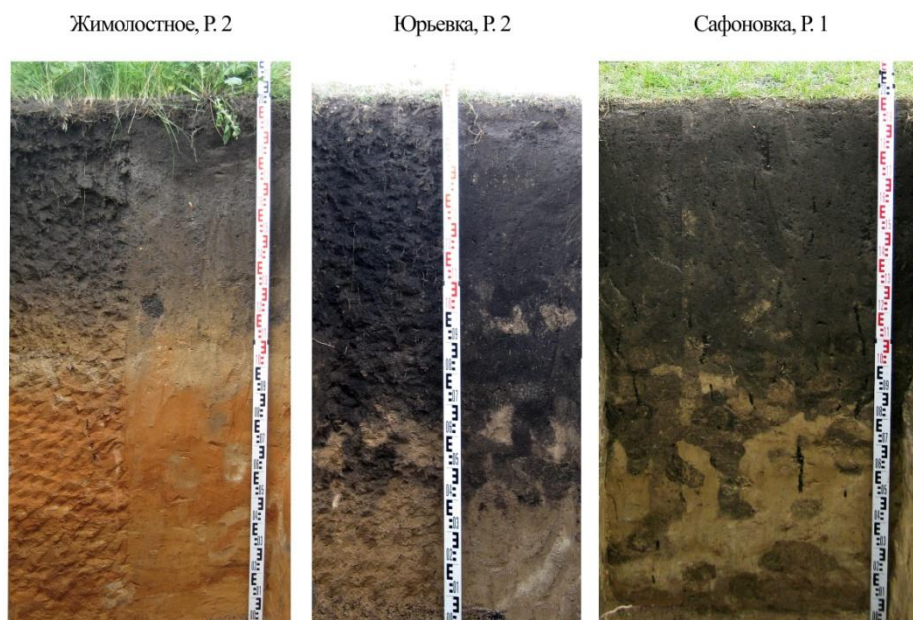


Рис. 2. Профили типичных черноземов, развитых на двучленных отложениях (Жимолостное) и лессовидных породах (Юрьевка, Сафоновка) (фото Ю.Г. Чендева)

Fig. 2. Profiles of typical chernozems developed on two-membered deposits (Zhimolosnoye) and loess-like rocks (Yuryevka, Safonovka) (photo by Chendev Yu.G.)

Обращает на себя внимание сильная перерытость землероями профилей, развитых на лессовидных породах, а также уменьшение мощности гумусового горизонта для чернозема, развитого на двучленных отложениях. При детальном рассмотрении профиля, развитого на двучленных отложениях, было установлено, что почва развивалась на

лессовидной породе малой мощности, которая по мере развития почвенного профиля была вся вовлечена в почвообразование. Это привело к приближению к нижней границе почвенного профиля красноцветных отложений, на которых залегал маломощный слой лессовидных суглинков.

В зависимости от выявленной площади распространения эталонно значимых черноземов участки были поделены на 3 категории: 1 – крупные (> 4 га) – «Коровино», «Рождественка», «Жимолостное», «Юрьевка»; 2 – средние (1–4 га) – «Сухосолотино», «Задельное»; 3 – малые (< 1 га) – «Триречное», «Быковка», «Сафоновка».

На самых крупных участках («Коровино» и «Рождественка») выбирались модельные площадки, на которых выполнялись работы по геодезической съемке местности, составлению геоботанических планов и крупномасштабному почвенному картографированию. Почвенная съемка выполнялась по результатам исследования профильного строения почв в кернах буровых скважин, которые закладывались глубиной до 2 м в узлах квадратной сетки с шириной шага в 7–10 м. После анализа строения почвенных профилей в скважинах, составлялись почвенные карты и определялись места заложения почвенных разрезов для более детального исследования в них морфологических и других свойств почвенных профилей. На участке «Коровино» профильное строение почв изучалось в 6 разрезах, три из которых были заложены на черноземах выщелоченных и три – на черноземах типичных. На участке «Рождественка» в почвенных разрезах было изучено 3 профиля черноземов типичных, т.к. черноземы выщелоченные как компонент отсутствовали.

На остальных участках для идентификации площадной однородности почвенного покрова сначала закладывалось от 3 до 7 почвенных скважин, затем выбиралось место для экскавации одного («Быковка», «Сухосолотино», «Задельное», «Триречное») или двух («Жимолостное», «Сафоновка», «Юрьевка») полных почвенных разрезов для дальнейшего описания в них морфологического строения профилей и отбора почвенных образцов. Таким образом, всего было заложено 19 почвенных разрезов.

Было проведено морфологическое описание изученных профилей и отбор почвенных образцов. В разрезах отбор проб производился с противоположных (боковых) стенок, примыкающих к передней стенке, предназначенной для описания почвенного профиля. Пробы равной массы, отобранные с противоположных стенок разреза, затем смешивались в один образец массой 1,5 кг. Почвенные пробы для изучения структурно-агрегатного состава отбирались с поверхности почв до глубины 120 см послойно (через 20 см).

Показатели почв участков сравнивались с параметрами почв целинного участка «Ямская степь» и пахотного участка, расположенного в непосредственной близости от целинного участка.

На пяти исследуемых участках, а также на целинном и пахотном вариантах заповедника «Ямская степь» и в его окрестностях господствовали черноземы типичные, на двух («Триречное» и «Быковка») – черноземы выщелоченные, в почвенном покрове двух участков («Коровино» и «Сафоновка») были представлены оба названных подтипа черноземов (см. рис. 1).

Определение структурно-агрегатного состава почв и водоустойчивости структуры проводили по методике Н.И. Саввинова. Навеска почвы для проведения «сухого» просеивания составляла 1 кг. Для рассева почвы использовали стандартный набор сит, описанный А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной [1986]: диаметр сит – 20 см, высота борта – 3 см. Сита с размерами отверстий 10, 7, 5, 3, 2, 1 мм представлены перфорированным алюминиевым полотном с круглыми отверстиями; сита 0,5 и 0,25 мм – это сетка с квадратными отверстиями.

В обсуждении использованы традиционные для данного вида анализа показатели:

- глыбы (Г) – агрегаты крупнее 10 мм;
- пыль (П) – частицы размером менее 0,25 мм;

- агрономически ценные фракции (АЦФ) – сумма макроагрегатов размером от 0,25 до 10 мм, определяемая при «сухом» просеивании почвы;
- коэффициент структурности (K_c) – отношение содержания АЦФ к содержанию неценных фракций, к которым относятся пыль и глыбы;
- суммарная водопрочность (СВ) – содержание водоустойчивых агрегатов размером более 0,25 мм;
- коэффициент водоустойчивости (K_v) – отношение содержания водоустойчивых частиц размером более 0,25 мм к содержанию фракции такого же размера, определяемой при «сухом» просеивании почвы.

При выборе аналитических параметров, характеризующих структурно-агрегатный состав почв и водоустойчивость структуры, авторы столкнулись с рядом проблем. Во-первых, предложено много показателей, большая часть из которых используется очень редко. Так Н.Б. Хитров и О.А. Чечуева [1994] еще 30 лет назад приводили 16 показателей, определяемых в ходе «сухого» просеивания почвы, и 8 показателей, основанных на результатах «мокрого» просеивания. В настоящее время к ним добавились и иные показатели, предлагаемые разными авторами, например, коэффициент нестабильности структуры [Черныш и др., 2016]. Во-вторых, система оценок качества структуры несовершенна, т.к. разброс оценок, предлагаемых разными авторами, существенно отличается. В публикации Л.Л. Новых с соавторами [Novykh et al., 2022] приведены примеры, когда оценка деградации почвы изменялась от слабой до сильной, в зависимости от критериев, предложенных разными авторами. В-третьих, в некоторых работах называются нестандартные или необычные критерии, например, «избыточно хорошая» водоустойчивость структуры [Сорокина, 2018] вместо привычного термина «избыточно высокая». В-четвертых, возможны затруднения в оценке качества структуры из-за различия критерия разделения фракций по размерам: в большинстве проанализированных работ к АЦФ относят агрегаты размером от 0,25 до 10 мм, но иногда встречаются представления [Лисецкий, Зеленская, 2022], когда фракцией глыб считаются агрегаты размером более 7 мм, что влияет на оценку качества структуры. Таким образом, актуальными проблемами при изучении и оценке структурно-агрегатного состава почв являются нормативные вопросы.

Определение содержания гумуса проводили по методике И.В. Тюрина. Параметры для оценки полученных результатов и некоторые авторские подходы их совершенствования для осуществления оценки структурного состояния почв представлены в работах Л.Л. Новых с соавторами [Novykh et al., 2022; Новых и др., 2024].

Статистическая обработка результатов включала расчеты тесноты корреляционной связи и проведение кластерного анализа методом ближайшего соседа с одиночной связью; в качестве меры близости было использовано евклидово расстояние. Анализ проводили с использованием программы *Statistica 10.0*.

Результаты и обсуждение

Для оценки эталонной значимости исследуемых почв была предпринята попытка определения степени их деградации с точки зрения качества структуры. Для этого были взяты системы оценок, разработанные для черноземных почв [Методические..., 2003; Медведев, 2013; Кузнецова и др., 2014; Trofimova et al., 2018]. С позиций свойств объектов оценок наиболее подходящей представляется система оценки, опубликованная в работе Кузнецовой с соавторами [2014], т.к. в ней даны нормативы физических свойств почв, соответствующих почвам области, – типичных и выщелоченных черноземов тяжелого гранулометрического состава на лессовидных суглинках западной части Среднерусской провинции.

Подходы разных авторов отличаются: в некоторых источниках [Методические..., 2003; Кузнецова и др., 2014; Trofimova et al., 2018] оценка проводится по абсолютному содержанию фракций, в то время как в работе В.В. Медведева [2013] рассматривается серия подходов, в том числе и оценки, основанные на уменьшении содержания агрегатов определенного размера. Все эти системы оценок были разработаны для пахотных почв, поэтому в большинстве из них представлен оптимальный интервал значений, характеризующийся верхним и нижним пределами, что затрудняет применение для эталонно-значимых почв, которые зачастую показывают значения параметров АЦФ и СВ выше, чем предлагаемый оптимум.

Анализ результатов проведенной оценки показал, во-первых, что рассматриваемые системы оценки деградации структуры противоречат друг другу. Например, структура почвы на участках «Коровино», «Задельное», «Сафоновка», «Юрьевка» оценивается как недеградированная, если применять критерии оценки [Trofimova et al., 2018], но только на участке «Сафоновка» один из рассматриваемых параметров (АЦФ, глыбы, СВ) имеет оптимальное значение, во всех остальных вариантах наблюдается либо превышение, либо снижение от оптимума, если использовать подходы, изложенные в методических рекомендациях [2003], что затрудняет интерпретацию результатов.

В связи с разнообразием предлагаемых оценок качества структуры и их направленностью на характеристику пахотных почв, для оценки структурного состояния исследуемых почв была использована шкала системы Росгипрозема, а для оценки водопропрочности структуры – шкала, предложенная И.В. Кузнецовой [Вальков и др., 2004]. Обе эти шкалы давно используются в отечественном почвоведении. Их параметры представлены в табл. 1. При разработке критериев оценки структуры ненарушенных почв [Новых и др., 2024] в шкалу оценки СВ были внесены некоторые авторские изменения.

Таблица 1
Table 1

Ранжирование показателей для оценки структурно-агрегатного состава почв
и водостойчивости структуры
Ranking of indicators for assessing the structural and aggregate composition of soils
and water resistance structure

Параметр	Оценка состояния параметра и уровень деградации				
	Отличное, деграда- ция отсут- ствует	Хорошее, низкий уровень деграда- ции	Удовлетворитель- ное, средний уровень деградации	Неудовлетворитель- ное, высокий уровень деградации	Плохое, очень высокий уровень деградации
Содержание АЦФ, %	> 80	60–80	40–60	20–40	< 20
СВ, %	60–80	40–60, 80–85	20–40, 85–90	10–20, 90–95	< 10, > 95

Особенностью используемых шкал является разный подход к оценке результатов «сухого» и «мокрого» просеивания: если содержание АЦФ может приближаться к 100 % и такое состояние не считается негативным, то СВ имеет верхний предел оптимальности и его превышение оценивается как неблагоприятный фактор качества водопропрочности структуры. Такие представления обусловлены проявлением так называемой «ложной водопропрочности» структуры [Гончаров, Шерматов, 2024], когда водопропрочность агрегатов обусловлена не наличием органо-минеральных связей, удерживающих структуру от разрушения, но связана, например, с труднорастворимыми соединениями Fe и Al, которые

образуют «контактные мостики». Такие образования непластичны, и при динамичном воздействии воды, легко разрушаются.

Авторские дополнения к оценке водоустойчивости структуры (см. табл. 1) состоят в следующем: при избыточно высокой водоустойчивости (содержание водоустойчивых агрегатов размером более 0,25 мм превышает 80 %) баллы деградации нарастают, как и при уменьшении содержания водоустойчивых агрегатов относительно оптимальных значений.

В табл. 2 приведены показатели, характеризующие структурно-агрегатный состав и водопрочность структуры почв исследуемых участков в слое 0–20 см. Верхний горизонт взят для анализа как подверженный наибольшему воздействию факторов окружающей среды.

Таблица 2
Table 2

Показатели структуры почвы и оценка степени деградации в слое 0–20 см
Soil structure indicators and assessment of the degradation degree in the 0–20 cm layer

Участок	Г, %	П, %	АЦФ, %	Кс	СВ, %	Вс	Оценка степени деградации [Trofimova et al., 2018]
1. Коровино	9	5	86	6,1	75	0,79	Н
2. Триречное	20	2	78	3,5	80	0,81	Сл
3. Задельное	9	3	88	7,3	75	0,78	Н
4. Быковка	53	0	47	0,9	76	0,76	С
5. Сафоновка	10	7	83	4,9	75	0,81	Н
6. Сухосолотино	23	0	77	3,3	87	0,87	Сл
7. Жимолостное	13	5	82	4,6	58	0,61	Сл
8. Рождественка	25	1	74	2,8	77	0,78	Сл
9. Юрьевка	7	2	91	10,1	40	0,41	Н
10 Ц. Целина	29	6	65	1,9	75	0,80	Сл
10 П. Пашня	52	5	43	0,8	68	0,72	С

Примечание: Цветом выделен уровень оценки показателей:

Состояние отличное	Деградация отсутствует (недеградированная почва)
Хорошее	Деградация низкая (слабодеградированная почва)
Удовлетворительное	Деградация средняя (среднедеградированная почва)
Неудовлетворительное	Деградация высокая (сильнодеградированная почва)

Анализ табл. 2 позволяет предполагать, что наибольший интерес с точки зрения эталонности почвенной структуры представляют участки № 1, 3, 5, где все три оцениваемых параметра демонстрируют отсутствие деградации. Приближаются к ним участки № 2, 7, 8, 9, на которых один-два параметра показывают низкий уровень деградации структуры. Такая картина обнаружена и на целинном участке. Среди участков выделяется № 6 («Сухосолотино»), где средний уровень деградации водоустойчивости структуры обусловлен не снижением суммарной водопрочности, а ее аномальным повышением, что требует дополнительного рассмотрения причин такого явления.

Для выявления сходства в структуре почв отдельных участков по результатам кластерного анализа были построены дендрограммы распределения исследуемых почв по некоторым показателям. На рис. 3 представлено такое распределение по результатам «сухого» просеивания почвы (содержанию глыб, пыли и АЦФ). Цифры на оси абсцисс соответствуют номеру участка.

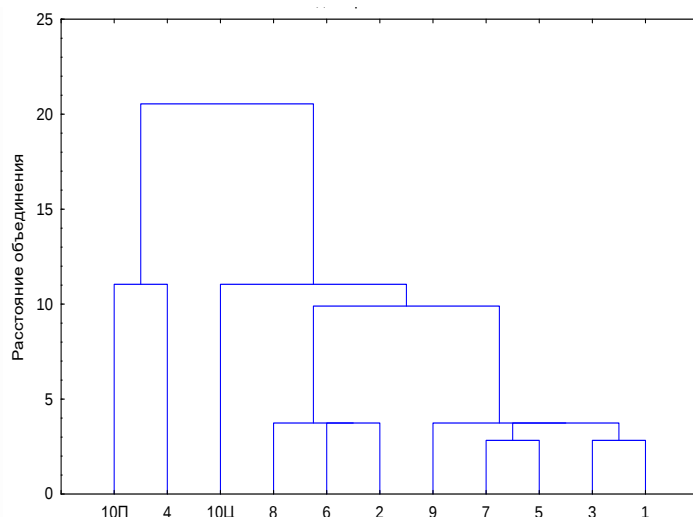


Рис. 3. Дендрограмма распределения изученных почв по особенностям структурно-агрегатного состава
Fig. 3. Dendrogram of the studied soils distribution based on the structural and aggregate composition features

Дендрограмма показывает, что структура почвы на участке «Быковка» близка к структуре почвы пахотного участка, эти два объекта образуют отдельный кластер. Остальные объекты дают единый сложный кластер, внутри которого обособляется целинный участок. Наиболее близкими значениями к нему характеризуются участки № 8 «Рождественка», № 6 «Сухосолотино» и № 2 «Триречное».

На рис. 4 показано распределение изученных почв по водоустойчивости структуры.

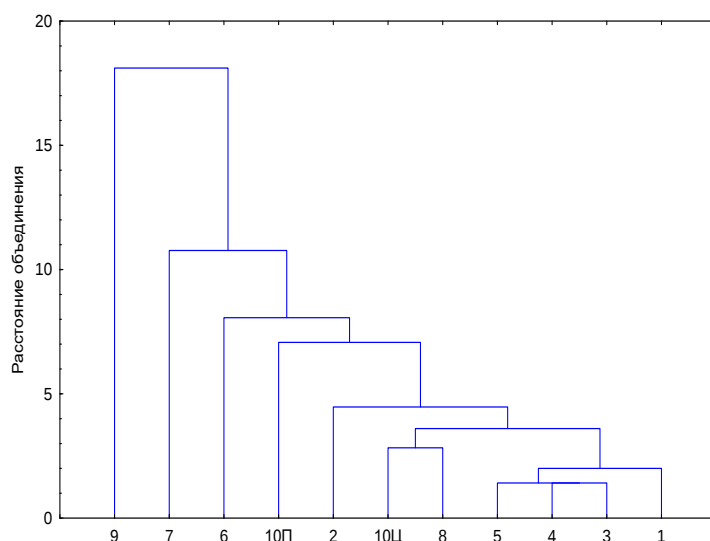


Рис. 4. Дендрограмма распределения изученных почв по водоустойчивости структуры
Fig. 4. Dendrogram of the studied soils distribution by water resistance of structure

По этому показателю закономерности иные: отдельный кластер образует участок № 9 «Юрьевка», где на фоне самого высокого содержания АЦФ проявляется слабая деградация водоустойчивости структуры; все остальные участки входят в состав многоуровневого кластера. Целинный участок по уровню водоустойчивости образует кластер с участком № 8 «Рождественка». Пониженный уровень водоустойчивости структуры (даже в сравнении с пашней) показывают участки «Юрьевка» и «Жимолостное».

В настоящее время как в зарубежном, так и в отечественном почвоведении общеприняты представления о том, что стабильность почвенных агрегатов поддерживается глиной и несколькими фракциями органического вещества почвы

[Šimkovic et al., 2025]. В то же время содержание органического вещества в почве не показывает четкой взаимосвязи с размерными фракциями почвы воздушно-сухих агрегатов, но существует прямая взаимосвязь между содержанием органического вещества и размерами водоустойчивых агрегатов [Холодов и др., 2019]. Авторами были проведены расчеты степени тесноты корреляционных связей между содержанием гумуса в исследуемых почвах и показателями содержания глыб, пыли и АЦФ, определенными по результатам «сухого просеивания» почвы, и СВ, рассчитанной по результатам «мокрого просеивания» почвы. При этом предполагалось, что все определенные параметры структуры зависят от содержания гумуса в почве, но направление связи будет различно: для АЦФ и СВ такая связь должна быть прямой, для глыб – отрицательной. В соответствии с существующими представлениями ожидалось наличие более тесной связи водоустойчивости с содержанием гумуса, чем содержания АЦФ и гумуса. Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 3.

Таблица 3
Table 3Оценка степени тесноты корреляционных связей
Evaluation of the correlation links closeness degree

Анализируемые параметры	N	r	Направление и теснота корреляционной связи	D, %
Содержание гумуса – содержание АЦФ	126	0,61	Слабая положительная	37
Содержание гумуса – суммарная водопрочность	126	0,61	Слабая положительная	37
Содержание гумуса – содержание глыб	126	–0,57	Слабая отрицательная	32
Содержание гумуса – содержание пыли	126	–0,15	Коэффициент недостоверен, нет основания утверждать наличие связи	

Примечание: N – объем корреляционного ряда; r – коэффициент корреляции; D – коэффициент детерминации.

Высказанные гипотезы частично подтвердились: обнаружена слабая прямая связь содержания гумуса с уровнем наличия АЦФ или величиной СВ. При этом теснота обеих связей одинакова. Коэффициент детерминации показывает, что варьирование содержания АЦФ и СВ на 37 % обусловлено распределением гумуса.

Доказана связь между содержанием гумуса и глыб: она слабая отрицательная; 32 % различий в глыбистости почвы определяется колебаниями содержания гумуса.

В то же время связь между содержанием гумуса и пыли не доказана. Возможно, это связано с очень низким содержанием пыли во многих образцах.

Заключение

Историко-картографический анализ дал возможность выделить участки старых сенокосов и/или выгонов, перспективных для использования в качестве эталонно-значимых почв на территории Белгородской области. Анализ структурно-агрегатного состава и водоустойчивости структуры почв таких участков позволяет отметить следующие их особенности и проблемы при изучении.

В почвенном покрове большинства изученных участков преобладают черноземы типичные. На участках «Триречное» и «Быковка» представлены черноземы выщелоченные. Для участков «Коровино» и «Сафоновка» характерно наличие обоих названных подтипов черноземов. Таким образом, почвы участков соответствуют преобладающим разностям почв области.

Предлагаемые системы оценки деградации почвенной структуры разработаны для пахотных почв, что затрудняет их применение для эталонно-значимых почв, у которых качество структуры зачастую выше, чем предлагаемые границы оптимальных значений. Эти системы противоречат друг другу, что затрудняет интерпретацию результатов, поэтому при оценке деградации структуры было отдано предпочтение тем вариантам оценок, где нет минимальных значений оптимума для содержания глыб и максимальных значений для содержания АЦФ.

По результатам «сухого просеивания» почвы можно утверждать, что выщелоченный чернозем участка № 4 «Быковка» не может выполнять функцию эталонно-значимого, т.к. особенности его структуры близки к структуре пахотного участка. Наибольший интерес с точки зрения эталонности почвенной структуры представляют участки № 1 «Коровино», № 3 «Задельное», № 5 «Сафоновка», где все три оцениваемых параметра (содержание АЦФ, глыб, СВ) демонстрируют отсутствие деградации почв. Приближаются к ним участки № 2 «Триречное» и № 8 «Рождественка», на которых один-два параметра показывают низкий уровень деградации структуры.

На участках № 7 «Жимолостное» и № 9 «Юрьевка» изучены типичные черноземы с пониженной водоустойчивостью структуры (ниже, чем у пахотного варианта чернозема), что не позволяет в полной мере рекомендовать эти участки в качестве эталонно-значимых по структуре почвы.

Результаты исследования подтверждают важную роль органических веществ в обеспечении ценной почвенной структуры: доказана слабая прямая связь между содержанием гумуса и содержанием АЦФ и между содержанием гумуса и СВ, а также слабая отрицательная связь между содержанием гумуса и содержанием глыб.

Для оценки физических (структурных) свойств почвы как эталонных важно, чтобы участок не только не пахался, но и меньше использовался как выгон. Щадящее сенокосение – этот тот тип использования, который позволяет сохранить эталонные структурные свойства почвы.

Список источников

- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. 1986. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М., Высшая школа, 416 с.
- Вальков В.Ф., Елисеева Н.В., Имгрунт И.И., Казеев К.Ш., Колесников С.И. 2004. Справочник по оценке почв. Майкоп, ГУРИПП «Адыгея», 236 с.
- Методические рекомендации по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. 2003. Под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. М., ФГНУ «Росинформагротех», 240 с.

Список литературы

- Белобров В.П., Юдин С.А., Ярославцев Н.В., Юдина А.В., Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Ключев Н.Н., Замотаев И.В., Ермолаев Н.Р., Иванов А.Л., Холодов В.А. 2020. Изменение физических свойств черноземов при прямом посеве. Почвоведение, 7: 880–890. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20070023>
- Гончаров В.М., Шерметов Т. 2024. Устойчивость к механическому воздействию и водопрочность почвенных агрегатов. Science and Innovation, 3: 554–561.
- Касаткина Г.А., Федорова Н.Н., Русаков А.В. 2012. Почвы и почвенный покров заповедника «Белогорье». Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология, 1: 121–138.
- Кузнецова И.В., Уткаева В.Ф., Бондарев А.Г. 2014. Нормативы изменения физических свойств пахотных черноземов лесостепной зоны Европейской России в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования. Почвоведение, 1: 71–81. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14010067>
- Лисецкий Ф.Н., Зеленская Е.Я. 2022. Ампелопедологические особенности географических районов виноградарства Крыма. Почвоведение, 12: 1540–1556. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600688>

- Медведев В.В. 2013. Физическая деградация черноземов. Диагностика. Причины. Следствия. Предупреждение. Харьков, Городская типография, 324 с.
- Новых Л.Л., Елисеева Н.В., Слюсаренко Э.Е. 2024. Геоэкологическая оценка состояния почв сельскохозяйственных ландшафтов: перспективные подходы и показатели. Региональные геосистемы, 48(3): 441–452. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452>
- Сорокина М.В. 2018. Структурно-агрегатный состав и водопрочность почвы в зависимости от интенсивности обработки. Вестник сельского развития и социальной политики, 1(17): 20–22.
- Хитров Н.Б., Чечуева О.А. 1994. Способ интерпретации данных макро- и микроструктурного состояния почвы. Почвоведение, 2: 85–93.
- Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Фарходов Ю.Р., Белобров В.П., Юдин С.А., Айдиев А.Я., Лазарев В.И., Фрид А.С. 2019. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях землепользования. Почвоведение, 2: 184–193. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19020060>
- Чендев Ю.Г., Смирнова М.А., Геннадиев А.Н., Белеванцев В.Г. 2024. Нативные эталонно-значимые черноземы в староосвоенной лесостепи: поиск сохранившихся ареалов и анализ свойств. Известия Русского географического общества, 156(4): 391–408. <https://doi.org/10.31857/S0869607124040107>
- Черныш А.Ф., Устинова А.М., Цырибко В.Б., Касьяненко И.И. 2016. Современное агрофизическое состояние почв Центральной почвенно-экологической провинции. Почвоведение и агрохимия, 1(56): 15–25.
- Hu W., Drewry J, Beare M., Eger A., Müller K. 2021. Compaction Induced Soil Structural Degradation Affects Productivity and Environmental Outcomes: A Review and New Zealand Case Study. Geoderma, 395: 115035. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115035>.
- Labaz B., Kabala C., Waroszewski J., Dudek M., Bogacz A., Gruszka D., Mlynek S. 2022. Medium-Term Transformation of Chernozems Under Broadleaf Forests in the Temperate Climate of South-East Poland. Geoderma Regional, 30: e00535. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00535>
- Novák T.J., Béni Á., Kremper R., Juhász E., Kincses I., Sándor Z., Tállai M., Kovács A.B. 2025. Transformation of Chernozem by Increasing Land Use Intensity in Suburban Hajdúság, Eastern Hungary. Geoderma Regional, 40: e00920. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025.e00920>
- Novykh L.L., Eliseeva N.V., Tesheva S.A., Voloshenko I.V., Slyusarenko E.E. 2022. Degradation of the Structure of Meadow-Chernozem Soils in Different Eco-Industrial Conditions. IOP Conference Series: Earth And Environmental Science, 949: 012099.
- Pimenov V.E., Ponomarenko E.V., Chendev Yu.G., Ershova E.G., Dergacheva M.I., Smirnova M.A. 2025. Rodent Burrows in Chernozems as a Paleoarchive of Vegetation Dynamics: a Case Study from the Central Chernozem Region of Russia. Geoderma Regional, 41: e00969. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025.e00969>
- Rui L., Wenyou H., Zhongjun J., Hanqiang L., Chao Z., Biao H., Shunhua Y., Yuguo Z., Yongcun Z., Manoj K.S., Miguel A.T. 2025. Soil Degradation: A Global Threat to Sustainable Use of Black Soils. Pedosphere, 35(1): 264–279. <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2024.06.011>.
- Šimkovic I., Hrabovský A., Hamerníková A.J., Ihnačáková S., Dlapa P. 2025. Thermogravimetric Data Suggest Synergy Between Different Organic Fractions and Clay in Soil Structure Formation. Geoderma, 454: 117166. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117166>
- Trofimova T.A., Korzhov S.I., Gulevskii V.A., Obraztsov V.N. 2018. Assessing the Degree of Physical Degradation and Suitability of Chernozems for the Minimization of Basic Tillage. Eurasian Soil Science, 51(9): 1080–1085. <https://doi.org/10.1134/S1064229318090120>

References

- Belobrov V.P., Yudin S.A., Yaroslavtsev N.V., Yudina A.V., Dridiger V.K., Stukalov R.S., Klyuev N.N., Zamotaev I.V., Ermolaev N.R., Ivanov A.L., Kholodov V.A. 2020. Changes in Physical Properties of Chernozems Under the Impact of No-Till Technology. Eurasian Soil Science, 53(7): 968–977 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1064229320070029>
- Goncharov V.M., Shermetov T. 2024. Resistance to Mechanical Impact and Water Resistance of Soil Aggregates. Science and Innovation, 3: 554–561 (in Russian).

- Kasatkina G.A., Fedorova N.N., Rusakov A.V. 2012. Soils and the Soil Cover of the Reserved Area "Belogor'e". *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 3. Biology*, 1: 121–138 (in Russian).
- Kuznetsova I.V., Utkaeva V.F., Bondarev A.G. 2014. Normativy izmeneniya fizicheskikh svoystv pakhotnykh chernozemov lesostepnoy zony Evropeyskoy Rossii v usloviyakh intensivnogo sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya [Standards for Changes in the Physical Properties of Arable Chernozems in the Forest-Steppe Zone of European Russia Under Conditions of Intensive Agricultural Use]. *Pochvovedenie*, 1: 71–81. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14010067>
- Lisetskii F.N., Zelenskaya E.Ya. 2022. Ampelopedological Peculiarities of Geographical Areas of Crimea Viticulture. *Eurasian Soil Science*, 55(12): 1813–1828 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/s1064229322700065>.
- Medvedev V.V. 2013. Physical Degradation of Chernozems. Diagnosis. The reasons. Consequences. The Prevention. Kharkiv, The City printing house, 324 p. (in Russian).
- Novykh L.L., Eliseeva N.V., Slyusarenko E.E. 2024. Geocological Assessment of Soil Conditions in Agricultural Landscapes: Perspective Approaches and Indicators. *Regional Geosystems*, 48(3): 441–452 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452>
- Sorokina M.V. 2018. Structural-Aggregate Composition and Water Resistance of the Soil Depending on the Intensity of Treatment. *Vestnik selskogo razvitiya i sotsialnoy politiki*, 1(17): 20–22 (in Russian).
- Khitrov N.B., Chechueva O.A. 1994. Spособ interpretatsii dannykh makro- i mikrostrukturnogo sostoyaniya pochvy [Method of Interpreting Data on the Macro- and Microstructural State of the Soil]. *Pochvovedenie*, 2: 85–93.
- Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V., Farkhodov Yu.R., Belobrov V.P., Yudin S.A., Aydiev A.Ya., Lazarev V.I., Frid A.S. 2019. Changes in the Ratio of Aggregate Fractions in Humus Horizons of Chernozems in Response to the Type of Their Use. *Eurasian Soil Science*, 52(2): 162–170 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1064229319020066>
- Chendev Yu.G., Smirnova M.A., Gennadiyev A.N., Belevantsev V.G. 2024. Benchmark Native Chernozems in the Old-Settled Forest-Steppe: Search for Remaining Areas and Properties Analysis. *Proceedings of the Russian Geographical Society*, 156(4): 391–408 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0869607124040107>
- Chernysh A.F., Ustinova A.M., Tsyribko V.B., Kas'yanenko I.I. 2016. Current State of Agrophysical Properties of Soils of Belorussian Ridge. *Soil Science and Agrochemistry*, 1(56): 15–25 (in Russian).
- Hu W., Drewry J., Beare M., Eger A., Müller K. 2021. Compaction Induced Soil Structural Degradation Affects Productivity and Environmental Outcomes: A Review and New Zealand Case Study. *Geoderma*, 395: 115035. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115035>.
- Labaz B., Kabala C., Waroszewski J., Dudek M., Bogacz A., Gruszka D., Mlynek S. 2022. Medium-Term Transformation of Chernozems Under Broadleaf Forests in the Temperate Climate of South-East Poland. *Geoderma Regional*, 30: e00535. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00535>
- Novák T.J., Béni Á., Kremper R., Juhász E., Kincses I., Sándor Z., Tállai M., Kovács A.B. 2025. Transformation of Chernozem by Increasing Land Use Intensity in Suburban Hajdúság, Eastern Hungary. *Geoderma Regional*, 40: e00920. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025.e00920>
- Novykh L.L., Eliseeva N.V., Tesheva S.A., Voloshenko I.V., Slyusarenko E.E. 2022. Degradation of the Structure of Meadow-Chernozem Soils in Different Eco-Industrial Conditions. *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 949: 012099.
- Pimenov V.E., Ponomarenko E.V., Chendev Yu.G., Ershova E.G., Dergacheva M.I., Smirnova M.A. 2025. Rodent Burrows in Chernozems as a Paleoarchive of Vegetation Dynamics: a Case Study from the Central Chernozem Region of Russia. *Geoderma Regional*, 41: e00969. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025.e00969>
- Rui L., Wenyou H., Zhongjun J., Hanqiang L., Chao Z., Biao H., Shunhua Y., Yuguo Z., Yongcun Z., Manoj K.S., Miguel A.T. 2025. Soil Degradation: A Global Threat to Sustainable Use of Black Soils. *Pedosphere*, 35(1): 264–279. <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2024.06.011>.
- Šimkovic I., Hrabovský A., Hamerníková A.J., Ihnačáková S., Dlapa P. 2025. Thermogravimetric Data Suggest Synergy Between Different Organic Fractions and Clay in Soil Structure Formation. *Geoderma*, 454: 117166. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117166>
- Trofimova T.A., Korzhov S.I., Gulevskii V.A., Obratsov V.N. 2018. Assessing the Degree of Physical Degradation and Suitability of Chernozems for the Minimization of Basic Tillage. *Eurasian Soil Science*, 51(9): 1080–1085. <https://doi.org/10.1134/S1064229318090120>

*Поступила в редакцию 11.07.2025;
поступила после рецензирования 19.09.2025;
принята к публикации 06.10.2025*

*Received July 11, 2025;
Revised September 19, 2025;
Accepted October 06, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Новых Лариса Леонидовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности, Институт наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Чендев Юрий Георгиевич, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра, Институт наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Нарожняя Анастасия Григорьевна, кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра, Институт наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Larisa L. Novykh, Candidate of Sciences in Biology, Associate Professor of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Yuri G. Chendev, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Nature Management and Land Cadastre, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Anastasia G. Narozhnyaya Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Nature Management and Land Cadastre, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia