

УДК 631.4
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-3-555-572
EDN GKTMHF

Параметры ареалов и карбонатных профилей эталонно-значимых черноземов выщелоченных и типичных на юге Среднерусской возвышенности

¹Чендев Ю.Г., ²Геннадиев А.Н., ²Смирнова М.А., ¹Талджеббини А., ¹Юй С.

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 310015, г. Белгород, ул. Победы, 85

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Россия, 117992, г. Москва, Ленинские горы, 1
Chendev@bsuedu.ru; summjeria@yandex.ru

Аннотация. Впервые в практике исследования лесостепных почв выполнен сравнительный анализ двух зональных подтипов лугово-степных черноземов (выщелоченного и типичного), ареалы которых расположены в непосредственной близости друг от друга на эталонно-значимых водораздельных территориях с нативными свойствами почв, занятых старыми выгонами и сенокосами, которые никогда не подвергались распашке. Исследование проводилось на территории Белгородской области (юг Среднерусской возвышенности). Детальное почвенное картографирование на трех пространственно разобщенных ключевых участках выявило повсеместное представительство в структуре почвенного покрова ровных водоразделов ареалов выщелоченных и типичных черноземов с преобладанием по площади черноземов типичных (фоновый компонент почвенного покрова). Ареалы черноземов выщелоченных, как правило, имеют округлую или овальную, реже вытянутую форму при средней площади 70 м² (варьирование от 5 до 140 м²), в единичном случае встречен ареал площадью 450 м². Ширина зон перехода от типичных к выщелоченным черноземам, окружающих ареалы черноземов выщелоченных, в среднем составляет $2,4 \pm 0,1$ м (варьирование от 0,5 до 5 м). Профильное распределение содержания углерода карбонатов в выщелоченных и типичных черноземах имеет разнообразный вид: с одним или несколькими максимумами, с максимумом в верхней части карбонатных профилей, с постепенным ростом содержания показателя с глубиной. Однако в среднестатистических черноземах выщелоченных и типичных выявляется один максимум залегания карбонатов, причем в черноземах выщелоченных он находится на глубине 160 см, а в черноземах типичных – на глубине 125–130 см. Анализ карбонатных профилей свидетельствует о более высоких запасах углерода карбонатов в слое 0–200 см у черноземов типичных (319 т/га) по сравнению с черноземами выщелоченными (218 т/га). Обсуждается вопрос о роли литогенной дифференциации запасов карбонатов в профилях изучаемых черноземов. Результаты исследования рекомендуется использовать в системе фонового экологического мониторинга, а также в практике точного земледелия.

Ключевые слова: детальное картографирование почв, анализ почвенных профилей, эталонно-значимые черноземы, старые выгоны и сенокосы, автоморфный рельеф, лесостепь, Белгородская область

Благодарности Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда, проект № 24-17-00154 «География, свойства и эталонные функции нативных черноземов лесостепи юга Среднерусской возвышенности», https://rscf.ru/prj_card_int?24-17-00154.

Для цитирования: Чендев Ю.Г., Геннадиев А.Н., Смирнова М.А., Талджеббини А., Юй С. 2026. Параметры ареалов и карбонатных профилей эталонно-значимых черноземов выщелоченных и типичных на юге Среднерусской возвышенности. Региональные геосистемы, 50(3): 555–572. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-3-555-572 EDN: GKTMHF

Parameters of Areas and Carbonate Profiles of Benchmark Leached and Typical Chernozems in the South of the Central Russian Upland

¹Yury G. Chendev, ²Alexander N. Gennadiev, ²Maria A. Smirnova,

¹Abdulrazzaq Taljebini, ¹Xiaoyu Yu

¹Belgorod State National Research University,
85 Pobeda St., Belgorod 308015, Russia

²Lomonosow Moscow State University,
1 Leninskie Gory, Moscow 117992, Russia
Chendev@bsuedu.ru; summjeria@yandex.ru

Abstract. This study presents the first comparative analysis of two zonal subtypes of meadow–steppe chernozems, whose areas lie in close proximity to one another. We selected benchmark sites with native soil properties on flat watershed surfaces, represented by old fallow lands and hayfields that had never been ploughed. The research was conducted within Belgorod region (the southern part of the Central Russian Upland). Detailed soil mapping at three spatially discrete key sites revealed that the soil cover on level watersheds consistently comprises two sub-types of meadow–steppe chernozems – typical and leached ones – with the typical form predominating in area and constituting the background soil component. The leached chernozems occur as discrete areas, generally circular or oval in outline, more rarely elongated, with a mean area of about 70 m² (ranging from 5 to 140 m²); only one larger area of 450 m² was encountered. The transitional zones surrounding the leached chernozems and delimiting them from the typical chernozems have an average width of 2.4 ± 0.1 m (ranging from 0.5 to 5 m). The profile distribution of carbonate carbon content varied considerably in both sub-types: some showed single or multiple maxima, some peaked in the upper part of the carbonate horizon, and others exhibited a gradual increase with depth. In the averaged profiles, however, a single distinct maximum emerges – at 160 cm in the leached chernozems and at 125–130 cm in the typical ones. Carbonate carbon stocks in the 0–200 cm layer proved markedly higher in the typical chernozems (319 t ha⁻¹) than in the leached ones (218 t ha⁻¹). The analysis has allowed us to examine the possible role of lithogenic differentiation in controlling carbonate stocks within the profiles studied. The findings are recommended for application in background environmental monitoring and in precision agriculture.

Keywords: Central Russian Upland, Belgorod region, forest-steppe, soil areas, leached chernozems, typical chernozems, carbonate profiles of soils

Acknowledgements: The research was supported by the Russian Science Foundation, project No. 24-17-00154 «Geography, properties, and benchmark functions of native chernozems in the southern forest-steppe of the Central Russian Upland», https://rscf.ru/prj_card_int?24-17-00154.

For citation: Chendev Yu.G., Gennadiev A.N., Smirnova M.A., Taljebini A., Xiaoyu Yu. 2026. Parameters of Areas and Carbonate Profiles of Benchmark Leached and Typical Chernozems in the South of the Central Russian Upland. *Regional Geosystems*, 50(3): 555–572 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-3-555-572 EDN: GKTMHF

Введение

Вопросам генезиса и географии почв лесостепи Среднерусской возвышенности посвящено немало работ, начиная с исследований В.В. Докучаева [Докучаев, 1883; Афанасьева, 1966; Фридланд и др., 1969; Коковина, Лебедева, 1986; Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., 1993; Щеглов, 1999; Геннадиев и др., 2010; Русаков, 2012; Vysloužilová et al., 2016; Mikhailova et al., 2018; Козлов и др., 2019; Lozbenov et al., 2019; Грошева, 2020; Смирнова и др., 2020; Лукин, 2023; Чендев и др., 2024; Pimenov et al., 2025]. Однако, несмотря на это, остается целый ряд дискуссионных вопросов, работа над которыми представляется весьма актуальной. Речь, в частности, идет о совершенствовании подходов к оценке результатов длительного хозяйственного освоения и использования почв данного региона на основе

сопоставления трансформированных почвенных разностей с антропогенно-малоизмененными почвами и участками почвенного покрова [Лебедева, 2002; Чендев и др., 2017]. В этой связи весьма важно рассматривать поиск и изучение уцелевших эталонно-значимых фрагментов нативного почвенного покрова [Тишков, 2024; Чернова, Присяжная, 2024]. Первые наши исследования в указанном направлении позволили выявить такие сохранившиеся фрагменты и обосновать подходы для определения степени их эталонности [Чендев и др., 2017; Чендев и др., 2024; Новых и др., 2025]. Они оказались представленными автоморфными приводораздельными черноземами старых выгонов и сенокосов на территориях или в окрестностях ряда сел и деревень Белгородской области, которые никогда не распахивались и за всю свою историю хозяйственного освоения подвергались лишь выпасу домашних животных и сенокошению. Следует отметить, что хорошо известные заповедные территории лесостепи Среднерусской возвышенности также ранее использовались в качестве выгонов и сенокосов, как например, Центрально-Черноземный заповедник им. В.В. Алехина (включавший тогда и Ямскую степь), который к моменту издания монографии Е.А. Афанасьевой [1966] лишь 30 лет находился в заповедном режиме. Другим вопросом, требующим ответа, является вопрос о составе и строении нативного черноземного почвенного покрова на приводораздельных пространствах. Ранее проведенные исследования показали, что в структуре естественного почвенного покрова лугово-степных ландшафтов Центральной лесостепи (на участках заповедной степной целины) встречается, главным образом, два подтипа черноземов: черноземы типичные и черноземы выщелоченные [Афанасьева, 1966; Щеглов, 1999; Русаков, 2012]. По мнению Е.А. Афанасьевой [1966], на территории заповедной Стрелецкой степи среди преобладающих по площади черноземов типичных по микрозападинам плоских водораздельных поверхностей также встречаются черноземы выщелоченные, характеризующиеся наличием карбонатов глубже горизонта В – в горизонте ВС, переходном к материнской породе. Близкие географические особенности распространения этих подтипов были обнаружены южнее – на территории Ямской степи в Губкинском районе Белгородской области, относящейся в настоящее время к заповеднику «Белогорье» [Фридланд и др., 1969; Русаков, 2012]. Тем не менее, открытым остается вопрос – везде ли кроме указанных участков сохраняется наличие в структуре нативного почвенного покрова водоразделов двух указанных подтипов черноземов? Необходимость решения данного вопроса определила цель проведенного авторами статьи исследования, а именно – изучить особенности почвенного покрова на ряде новых эталонно значимых ключевых участках лугово-степных ландшафтов Среднерусской возвышенности, выявить и проанализировать компоненты почвенного покрова на уровне подтипов в соответствии с отечественной классификацией почв 1977 г. [Классификация..., 1977], а также рассмотреть характер строения их карбонатных профилей, который является определяющим при диагностике рассматриваемых подтипов черноземных почв.

Объекты и методы исследования

Ключевые участки исследований находятся на южном макросклоне Среднерусской возвышенности в северной части Белгородской области. Схема местоположения участков исследования представлена на рис. 1.

Все участки расположены на ровных водораздельных поверхностях в диапазоне абсолютных высот 230–240 м. Почвообразующими породами являются карбонатные тяжелые лессовидные суглинки, а на крайнем восточном участке «Верхососна» – карбонатные лессовидные глины. Несколько отдельных слов следует сказать об участке «Верхососна», т.к. одноименное село, на юго-западной окраине которого были выполнены почвенные исследования, до 1770-х гг. носило статус города, а в XVII веке являлось городом-крепостью на оборонительной линии укреплений Белгородской черты.

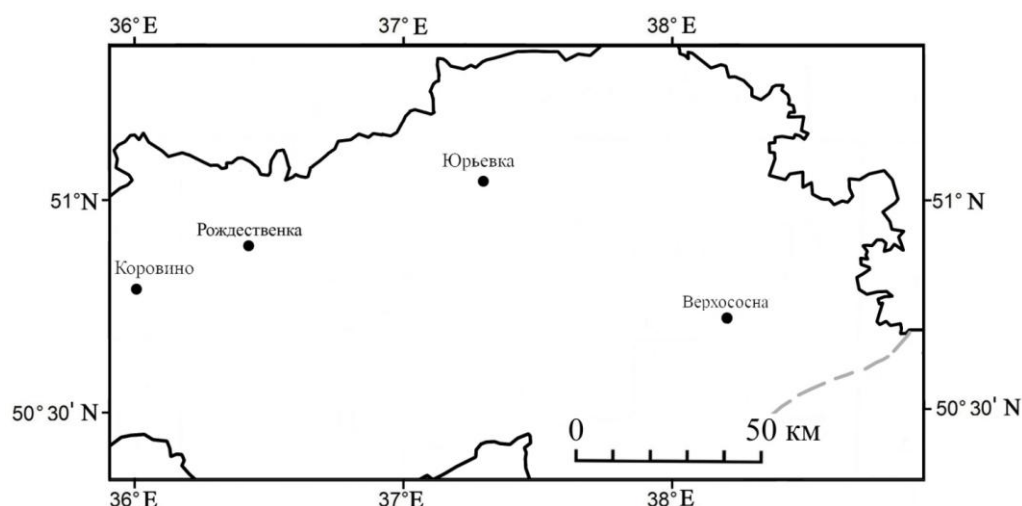


Рис. 1. Местоположение ключевых участков исследования. Сплошной линией показана граница Белгородской области, пунктирной линией – граница лесостепи и степи
Fig. 1. Location of the key plots. The solid line is the border of Belgorod region, the dotted line shows the border between forest-steppe and steppe

Все изучаемые участки находятся на территории старых выгонов и сенокосов, которые, судя по анализу достоверных крупномасштабных (М 1 : 8400, 1 : 10000) материалов разновременных съемок (начиная с конца XVIII века), а также по строению верхней части профилей изученных почв, не распахивались и подвергались только «мягким» антропогенным воздействиям в виде сенокосения и выпаса животных [Чендев и др., 2024].

Несмотря на то, что все больше дается рекомендаций по совершенствованию крупномасштабного почвенного картографирования с использованием данных дистанционного зондирования Земли [Савин, 2025; De Caires et al., 2025], наземные съемки остаются одним из наиболее важных элементов детального почвенного картографирования. На участках «Коровино», «Рождественка» и «Верхососна» выполненное авторами статьи детальное почвенное картографирование потребовало проведения следующих видов работ. Размечали границы участков и точки бурения, выполняли координатную и высотную привязки всех размеченных точек с помощью спутникового геодезического оборудования *South Galaxy G2*. Производили бурение почв тонкоствольным почвенным буром до глубины 2 м, в точках бурения описывали строение почвенных профилей, в наиболее репрезентативных (по описанию почв в скважинах) участках определяли места заложения глубоких почвенных разрезов, выполняли их экскавацию и с помощью метода морфологического анализа почвенного профиля проводили описание почвенных профилей. Заключительным этапом полевых работ был отбор почвенных проб из разрезов и скважин для лабораторных анализов с последующей рекультивацией разрезов. Скважины закладывали по квадратной сетке через 10 м на участках «Коровино» (квадрат со стороной 50 м) и «Рождественка» (прямоугольник со сторонами 40 на 50 м) и через 7,5 м на участке «Верхососна» (квадрат со стороной 30 м). В общей сложности было выполнено бурение почв в 91 точке и заложено 14 почвенных разрезов. Пробоотбор в скважинах и разрезах осуществлялся через каждые 10 см в слое 0–100 см и через 20 см в более глубоко лежащих слоях – до 2 м. В разрезах пробоотбор выполнялся с их боковых стенок с последующим усреднением навесок проб. Схема мест бурения и заложения разрезов на трех изученных участках представлена на рис. 2.

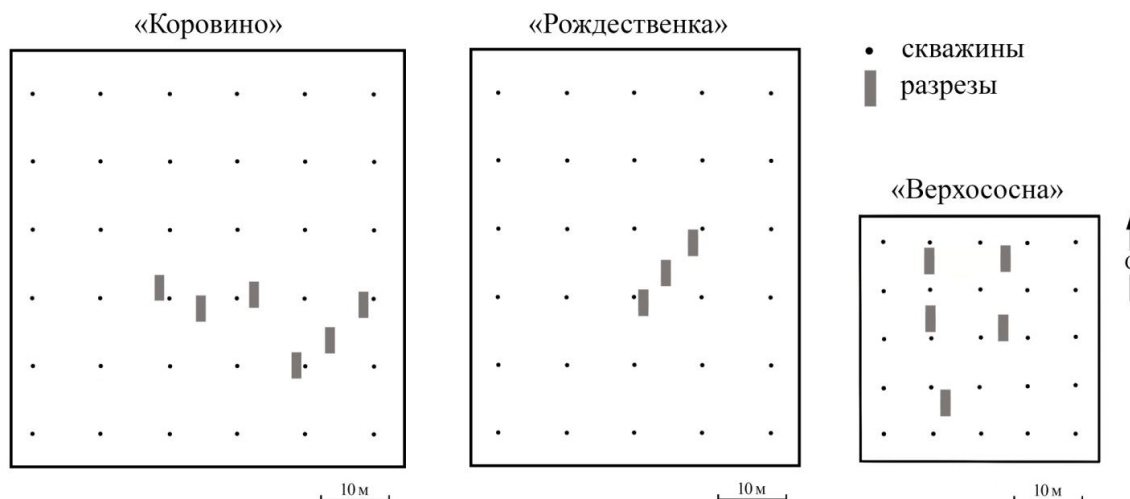


Рис. 2. Картосхемы участков детального почвенного картографирования с указанием мест заложения почвенных скважин и разрезов

Fig. 2. Maps of detailed soil area mapping indicating the locations of soil boreholes and pits

На участке «Юрьевка» картографирование почв не выполнялось, и почвенные профили были изучены в двух глубоких разрезах на расстоянии 10 м друг от друга. В разрезе 1 был исследован профиль чернозема выщелоченного, а в разрезе 2 – чернозема типичного, что послужило поводом для включения черноземов данного участка в объединенные выборки почв, изученные на участках картографирования, где также выявлялось близкое расположение ареалов выщелоченных и типичных черноземов. Идентификация почв на уровне подтипов на всех исследованных участках выполнялась в соответствии с рекомендациями, содержащимися в работе [Классификация..., 1977]. Для черноземов типичных максимальная глубина вскипания (глубина залегания карбонатов) нами идентифицировалась на уровне середины горизонта В, а черноземы выщелоченные определялись по вскипанию в горизонте ВС. Переходные разности черноземов от типичных к выщелоченным характеризовались наличием вскипания между средней частью горизонта В и верхней частью горизонта ВС.

Плотность сложения почв в разрезах была определена гравиметрическим методом с помощью стальных колец объемом 66,92 см³ в 3-кратной повторности послойно. Лабораторные анализы выполняли для таких характеристик как содержание гигроскопической влаги и содержание углерода карбонатов ацидиметрическим методом. Точное содержание углерода карбонатов в почвах рассчитывалось по произведению коэффициента гигроскопичности на полученное лабораторным методом содержание углерода карбонатов.

Результаты и их обсуждение

Тахеометрическая съемка участков детального почвенного картографирования показала максимальные относительные перепады высот между противоположными точками участков «Верхососна» и «Рождественка», равные 0,4–0,5 м, а на участке «Коровино» – 1,5 м (по диагонали, равной 71 м). На первых двух участках крутизна поверхности не превышает 1° (абсолютно ровные водоразделы), а на участке «Коровино» этот показатель находится в диапазоне 1–1,5° (ровный водораздел с намечающимся очень пологим водораздельным склоном). На участке «Юрьевка» территория между разрезами и на значительном удалении от них представляет собой абсолютно ровную водораздельную поверхность. Грунтовые воды на всех участках залегают на глубинах более 10 м. Таким образом, все участки удовлетворяют условию изучения на них автоморфного зонального почвообразования.

Прежде чем перейти к анализу результатов выполненного полевого и лабораторного исследования почв, обратимся к анализу картосхем распределения ареалов лугово-степных черноземов на всей территории лесостепи Среднерусской возвышенности (рис. 3).

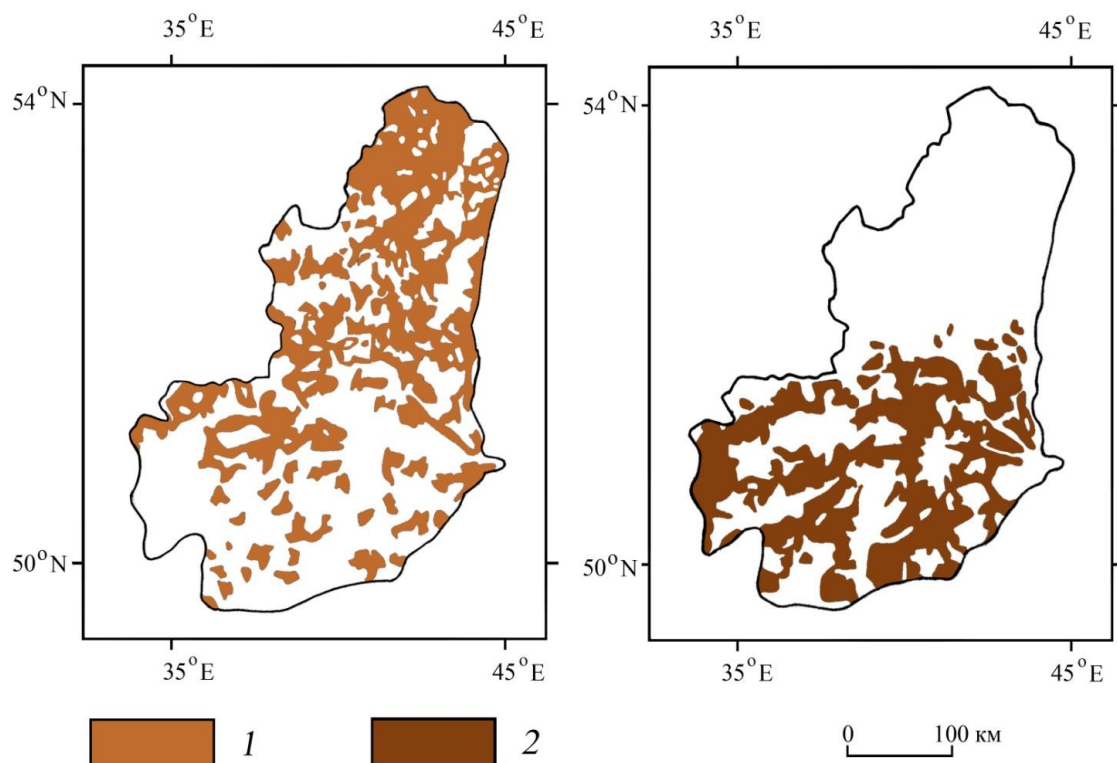


Рис. 3. Ареалы лугово-степных подтипов черноземов на территории лесостепи Среднерусской возвышенности: 1 – выщелоченных, 2 – типичных (составлено путем прорисовки контуров различных подтипов черноземов с почвенной карты РСФСР масштаба 1 : 2500000)

Fig. 3. Areas of meadow-steppe subtypes of chernozems in the forest-steppe territory of the Central Russian Upland: 1 – leached, 2 – typical (compiled on the basis of the RSFSR soil map on a scale of 1 : 2500000)

Данные картосхемы были выполнены на основе использования почвенной карты России мелкого масштаба – 1 : 2500000¹. Согласно распределению двух зональных подтипов лугово-степных черноземов (выщелоченного и типичного) на картосхемах рис. 3, лесостепь Среднерусской возвышенности можно разделить на подзоны. Северная подзона характеризуется господством на территории луговых степей только черноземов выщелоченных, а южная подзона – господством двухкомпонентного почвенного покрова, состоящего из выщелоченных и типичных черноземов. Севернее 52° с. ш. черноземы типичные на карте масштаба 1 : 2500000 не выделены (см. рис. 3). Данное наблюдение представляется весьма важным с точки зрения дальнейшего обсуждения полученных результатов, так как все ключевые участки исследований находятся южнее 52° с. ш. (см. рис. 1).

Картосхемы почв, выполненные на основании детального почвенного картографирования трех участков нашего исследования, представлены на рис. 4. Основным фоном в структуре почвенного покрова на всех участках выступают черноземы типичные. Однако также повсеместно, хотя и на меньшей площади, присутствуют ареалы черноземов выщелоченных.

¹ Почвенная карта РСФСР масштаба 1:2500000. 1987. Под ред. В.М. Фридланда. М., Лист 5.

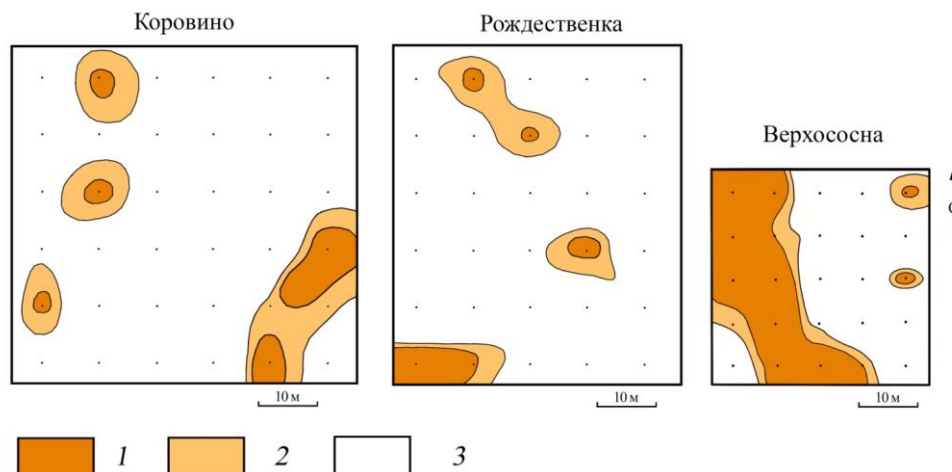


Рис. 4. Картограммы почвенных ареалов на трех ключевых участках исследования.

Условные обозначения: 1 – черноземы выщелоченные, 2 – почвы, переходные от черноземов выщелоченных к черноземам типичным, 3 – черноземы типичные

Fig.4. Schemes of soils in the three key plots under study. Legend: 1 – leached chernozems, 2 – transitional soils changing from leached chernozems to typical chernozems, 3 – typical chernozems

Случайный выбор участков картографирования исключает субъективный фактор поиска мест исследований и позволяет предполагать закономерное существование в зональной структуре почвенного покрова лесостепи юга Среднерусской возвышенности комбинаций, состоящих из автоморфных черноземов типичных и выщелоченных, причем эта особенность выявляется в широком диапазоне картографирования – от мелкого до детального масштабов, как это наглядно демонстрируют картограммы на рис. 3 и 4.

Форму выявленных ареалов черноземов выщелоченных можно охарактеризовать как округлую, овальную или вытянутую (см. рис. 4). Близкие оценки содержатся в работах других авторов, выполнявших полевые исследования и детальное картографирование заповедных участков луговых степей [Афанасьева, 1966; Фридланд, 1972].

Особого внимания заслуживает, выявленное в полевых условиях и картографическими способами, пространство перехода между двумя рассматриваемыми подтипами черноземов (см. рис. 4). На картах масштаба 1 : 1000 и крупнее данные зоны рекомендуется выделять в качестве самостоятельных ареалов, т.к. их конфигурация хорошо прослеживается на планах в указанных масштабах. Ряд показателей и свойств, выявленных путем анализа картограмм на рис. 4, представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1
Table 1

Форма и площади ареалов черноземов выщелоченных
на участках детального почвенного картографирования (согласно анализу рис. 4)
Shape and size of leached chernozem areas identified according to detailed soil mapping (Fig. 4)

Участок	Форма ареала и площадь, м ²					Площадь всех ареалов, % от площади участка
	1	2	3	4	5	
«Коровино»	округлая, 9	округлая, 20	округлая, 20	овальная, 60	вытянутая, 140	6,9
«Рождественка»	вытянутая, 120	округлая, 10	округлая, 7	овальная, 17	–	4,5
«Верхососна»	вытянутая, 450	овальная, 6	овальная, 4	–	–	32,7

Примечание: прочерк – ареал отсутствует

Таблица 2
Table 2

Статистические показатели ширины зоны перехода (м) между выщелоченными и типичными черноземами на участках детального картографирования (согласно анализу рис. 4)
Statistical indicators of the width of transition zone (m) between leached and typical chernozems in areas of detailed mapping (according to analysis of Fig. 4)

Участок	<i>n</i>	<i>Lim</i>	$X \pm \delta_x$	δ	<i>V</i> , %
«Коровино»	40	0,8–5,0	$2,8 \pm 0,2$	1,22	43,6
«Рождественка»	40	0,5–4,7	$2,7 \pm 0,2$	1,09	40,4
«Верхососна»	40	0,5–3,4	$1,6 \pm 0,1$	0,78	48,8
Все участки	120	0,5–5,0	$2,4 \pm 0,1$	1,17	48,8

Примечание: *n* – количество измерений, *Lim* – предел варьирования (*min–max*), $X \pm \delta_x$ – среднее арифметическое с ошибкой выборочной средней, δ – стандартное отклонение, *V* – коэффициент вариации.

Полученные результаты приобретают особенное значение в связи с тем, что работ, содержащих материалы детального картографирования черноземных почв не много [Фридланд и др., 1969; Фридланд, 1972; Ахтырцев, Соловиченко, 1984; Khitrov et al., 2019; Жидкин и др., 2023; Chinilin et al., 2024, Suleymanov et al., 2024], и еще меньше работ, раскрывающих данный аспект на сохранившихся нативных фрагментах почвенного покрова лесостепи Среднерусской возвышенности [Фридланд и др., 1969; Фридланд, 1972; Lozbenov et al., 2019]. Изучение географии естественных почвенных ареалов с помощью планов почвенного покрова пахотных угодий детального масштаба, по-видимому, не совсем корректно. Об этом, в частности, свидетельствуют результаты почвенных съемок участка заповедной Стрелецкой степи и прилегающего к нему участка пашни с возрастом распашки не менее 60 лет (в идентичных условиях рельефа и почвообразующих пород). Выяснилось, что на пахотном угодье площадная доля выщелоченных черноземов оказалась сниженной за счет увеличения доли черноземов типичных [Фридланд, 1972]. Мы полагаем, что это связано с трендом агрогенной трансформации черноземов выщелоченных в черноземы типичные в обстановке изменившихся на пашне гидротермических режимов почвообразования, о чем имеются упоминания в литературе [Лебедева, 2002; Чендев, 2008; Чендев и др., 2017].

Второй частью проведенного исследования являлся анализ параметров карбонатных профилей изученных черноземов. Главное отличие черноземов выщелоченных от черноземов типичных заключается в более глубоком (на уровне горизонта ВС у выщелоченных черноземов) нахождении карбонатов в профилях. По визуально определяемым морфологическим формам карбонатов отличия определены на уровне тенденции и заключаются в несколько меньшем представительстве карбонатной плесени и в несколько большей частоте встречаемости карбонатных журавчиков в профилях выщелоченных черноземов по сравнению с черноземами типичными. Формы карбонатов, выявленные в процессе описания почвенных профилей ($Ч^b$ и $Ч^r$), представлены на рис. 5.

Усредненный по всем изученным профилям (для черноземов выщелоченных $n = 7$, для черноземов типичных $n = 6$), ход содержания углерода карбонатов с глубиной представлен на рис. 6. Анализ выполнялся для тех участков («Коровино», «Верхососна», «Юрьевка»), на которых профили черноземов выщелоченных и типичных были выявлены и проанализированы в непосредственной близости друг от друга. Из анализа был исключен участок «Рождественка», в трех разрезах которого были описаны только черноземы типичные. На представленных графиках рис. 6 в 2-метровой толще почв выявляется один максимум содержания углерода карбонатов, причем у черноземов выщелоченных он находится на глубине 160 см, а у черноземов типичных – на глубине 125 см, т.е. располагается на 35 см выше. Рассчитанные на основании установленных плотности сложения и содержания углерода карбонатов в почвенных профилях, послойные и профильные (0–200 см) запасы углерода карбонатов представлены в табл. 3. Достоверные отличия запасов в черноземах выщелоченных от черноземов типичных определяются в слоях 50–100 и 100–150 см, а в слое 150–200 см значения выравниваются (табл. 3).

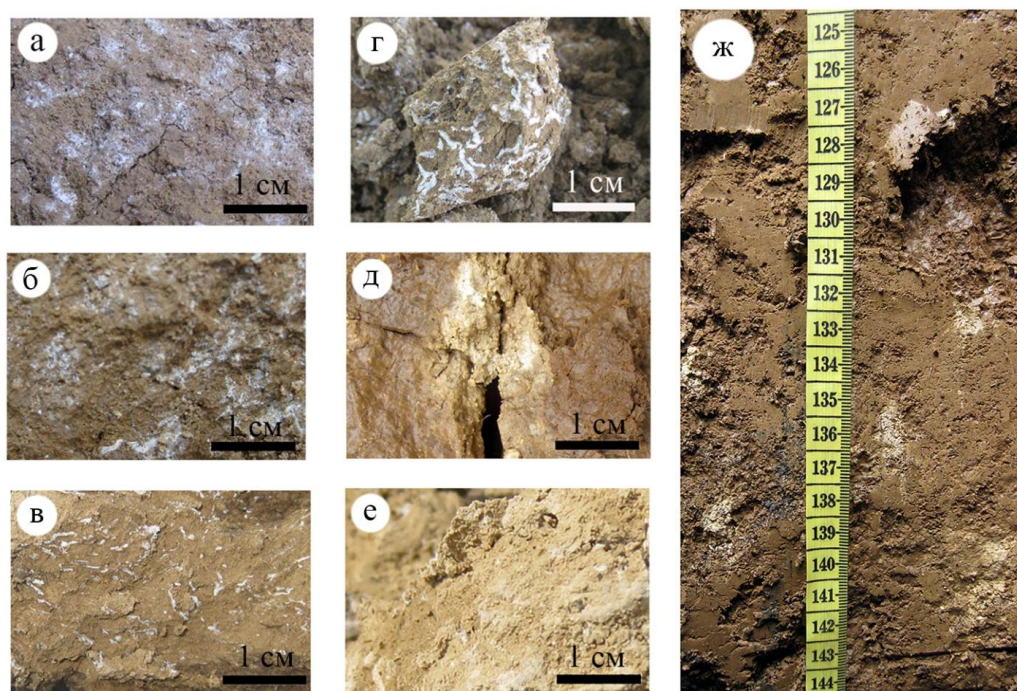


Рис. 5. Формы карбонатных новообразований, встреченные в профилях черноземов выщелоченных и типичных на участках исследования: а – плесень, б – сочетание плесени и мицелия, в – мицелий, г – трубочки, д – кутаны, е – мучнистые дисперсно рассеянные карбонаты, ж – журавчики.
Fig. 5. Forms of carbonate neoformations found in profiles of the studied leached and typical chernozems.
а – mold, б – combination of mold and mycelium, в – mycelium, г – tubules, д – cutans, е – mealy dispersed carbonates, ж – dense nodules

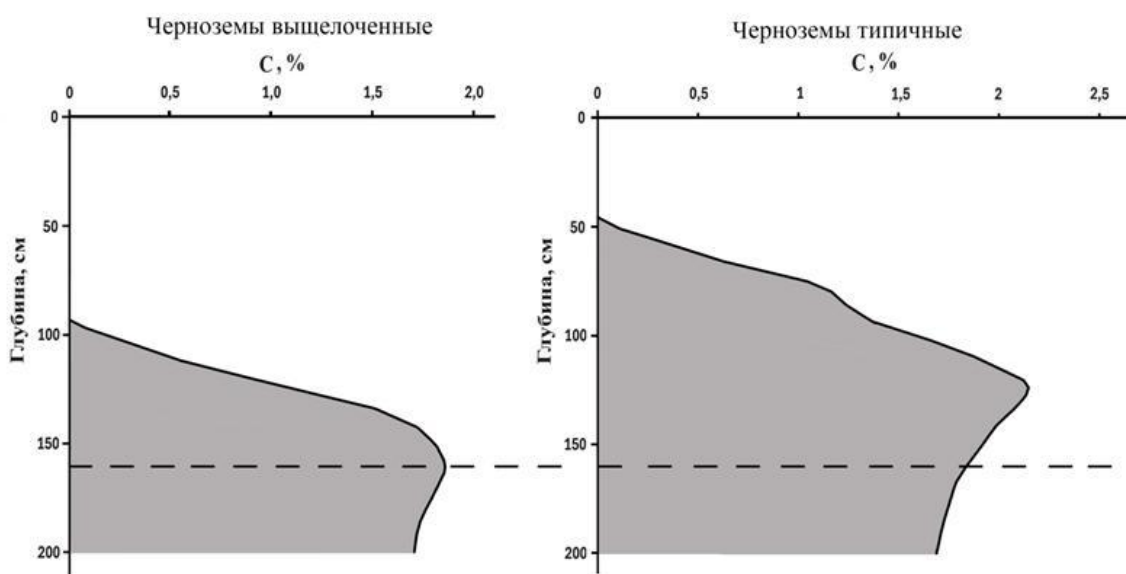


Рис. 6. Распределение с глубиной содержания углерода карбонатов в черноземах выщелоченных и типичных (усредненные характеристики профилей, изученных в разрезах участков «Коровино», «Верхососна», «Юрьевка»). Пунктирной линией показана глубина максимума содержания карбонатов в черноземах выщелоченных

Fig. 6. Distribution of carbonates in leached and typical chernozems, with the depth of carbon content (mean characteristics of soil profiles studied in key plots “Korovino”, “Rozhdestvenka”, “Verkhososna”, “Yurievka”). The dotted line shows the depth of the maximum carbon content in leached chernozems

Таблица 3
Table 3

Запасы углерода карбонатов (т/га) в профилях черноземов выщелоченных и типичных
на трех ключевых участках исследования
Carbonate carbon stocks (t/ha) in the profiles of leached and typical chernozems at the three key sites

Слой, см	Черноземы выщелоченные										
	К-4	К-5	К-6	В-1	В-2	В-3	Ю-1	Lim	$X \pm \delta_X$	δ	V, %
0–50	0	0	0	0	0	0	0	0	0 ± 0	0	0
50–100	0	0	0	0	0	9,6	0	0–9,6	$1,4 \pm 1,4$	3,63	259,2
100–150	114,4	51,1	101,2	54,2	71,5	99,1	92,3	51,1–114,4	$83,4 \pm 9,3$	24,63	29,5
150–200	126,0	88,2	199,8	122,7	136,3	99,1	162,1	88,2–199,8	$133,4 \pm 14,3$	37,92	28,4
0–200	240,4	139,3	301,0	176,9	207,8	207,8	254,4	139,3–254,4	$218,2 \pm 20$	52,92	24,2
Слой, см	Черноземы типичные										
	К-1	К-2	К-3	В-4	В-5	Ю-2	Lim	$X \pm \delta_X$	δ	V, %	
0–50	0	0	0	0	0	9,1	0–9,1	$1,5 \pm 1,5$	3,71	247,3	
50–100	32,5	86,8	31,7	4,9	126,4	50,7	4,9–126,4	$55,5 \pm 18,0$	44,01	79,3	
100–150	111,6	129,4	98,3	164,9	164,6	123,0	98,3–164,9	$132,0 \pm 11,2$	27,51	20,8	
150–200	64,6	124,8	97,7	176,2	143,9	172,8	64,6–176,2	$130,0 \pm 17,8$	43,60	33,5	
0–200	208,7	341,0	227,7	346,0	434,9	355,6	208,7–434,9	$319,0 \pm 34,9$	85,42	26,8	

Примечание: К – черноземы участка «Коровино», В – черноземы участка «Верхососна», Ю – черноземы участка «Юрьевка». Цифрами указаны номера почвенных разрезов на каждом участке. Обозначения статистических показателей такие же, как в табл. 2.

Анализ близко расположенных (в 10–25 м друг от друга) профилей черноземов выщелоченных и типичных на участках «Коровино», «Верхососна», «Юрьевка» позволяет предположить существование исходной (до начала формирования черноземов) литогенной дифференциации верхней 2-метровой толщи почвообразующих пород по содержанию и запасам карбонатов. Характер растительного покрова, представленного разнотравно-злаковыми ассоциациями, идентичен для ареалов двух рассматриваемых подтипов черноземов.

Мнение о приуроченности черноземов выщелоченных к суффозионным понижениям микрорельефа, аккумулирующим дополнительную влагу для выщелачивания карбонатов, как на это указывают некоторые авторы [Афанасьева, 1966; Ахтырцев, Соловиченко, 1984; Lozbenev et al., 2021], справедливо не для всех участков лугово-степных ландшафтов, т.к. в нашем исследовании ареалы выщелоченных черноземов, в большинстве случаев были обнаружены на абсолютно ровных водораздельных поверхностях. Однако даже, если предположить приуроченность черноземов выщелоченных к ранее существовавшим микрозападинам, которые со временем были выровнены естественными процессами (например, зоотурбациями), труднообъяснимым кажется результат произошедшего очень значительного выщелачивания от карбонатов этих участков: среднестатистический 2-метровый профиль черноземов выщелоченных содержит 218 т/га углерода карбонатов, а профиль черноземов типичных такой же мощности – 319 т/га углерода карбонатов (см. табл. 3). Если учесть, что, согласно палеопочвенным и палеогеографическим реконструкциям, первая половина голоцена на территории Центральной лесостепи характеризовалась более засушливым климатом, чем в наше время [Серебрянная, 1992; Александровский, Александровская, 2005; Lukanina et al., 2022], установленные различия по запасам карбонатов в парах близко расположенных черноземов выщелоченных и типичных с почвенно-эволюционной точки зрения становятся еще менее объяснимыми.

Для более детального пространственного анализа радиальной (внутрипрофильной) и латеральной (площадной) дифференциации содержания углерода карбонатов в почвенном покрове, характеризующимся наличием комбинаций, состоящих из выщелоченных и типичных черноземов, авторы статьи провели специальное исследование на участке картографирования «Верхососна» (рис. 7, 8), которое заключалось в определении профильного распределения содержания карбонатов во всех 25 точках бурения.

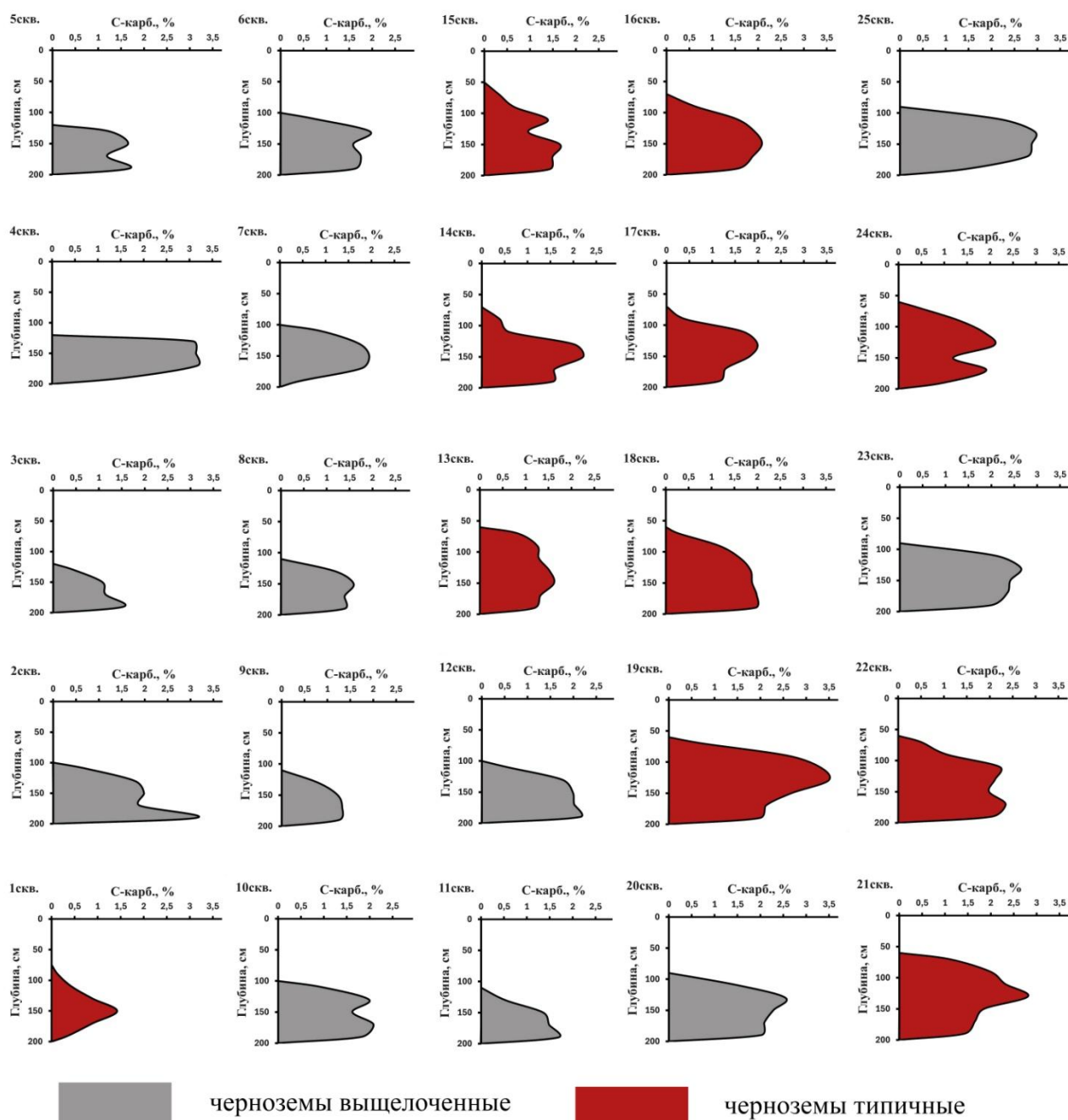


Рис. 7. Радиальное распределение содержания углерода карбонатов в профилях черноземов, изученных на участке «Верхососна». Точки исследования соответствуют своему местоположению в местах бурения почвенных скважин. Юг – внизу, север –верху

Fig. 7. Radial distribution of carbonate carbon content in chernozems profiles studied at the “Verkhososna” site. The study points correspond to their locations at the borehole drilling sites. The South is below, The North is above

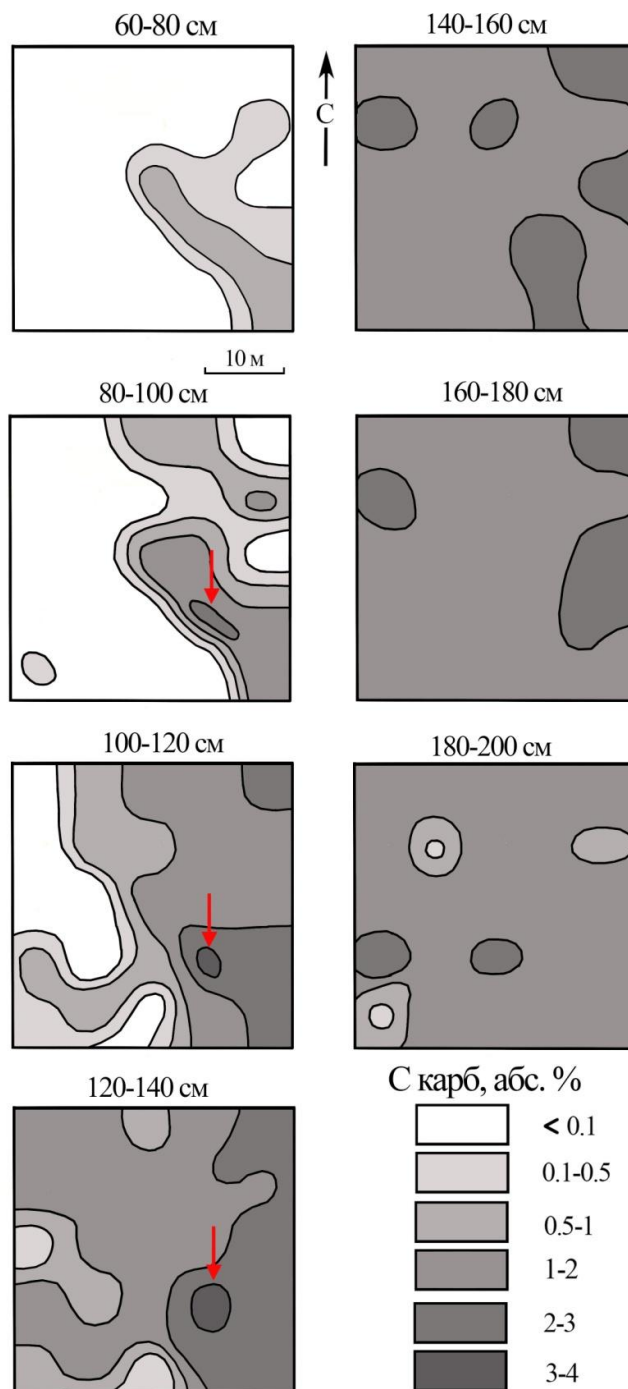


Рис. 8. Латеральное распределение содержания углерода карбонатов на разных глубинах почвенных профилей участка «Верхососна». Стрелкой показана область максимальной концентрации карбонатов, не поддающаяся исчерпывающему объяснению с точки зрения процессов современного почвообразования

Fig. 8. Lateral distribution of carbonate carbon content at different depths in the soil profiles of the “Verkhososna” site. The arrow shows the area of maximum carbonate concentration, which cannot be fully explained in terms of modern soil formation processes

Как видно на рис. 7, профильное распределение углерода карбонатов, как для черноземов выщелоченных, так и для черноземов типичных, не подчиняется какой-либо одной закономерности кроме выявляемых одного или двух максимумов содержания карбонатов, расположенных, главным образом, в слое 100–150 см почвенных профилей (см. рис. 7).

Своеобразие внутрипрофильного распределения углерода карбонатов в каждом из 25 изученных профилей на сравнительно небольшом пространстве (квадрат со стороной 30 м) и в пределах однородного рельефа (абсолютно ровная водораздельная поверхность) позволяет предположить специфическое формирование карбонатных профилей черноземов в условиях исходных различий карбонатно-литогенной матрицы, которая, по мнению некоторых исследователей, могла быть образована позднеплейстоценовыми процессами литогенеза и отразилась на формировании, по крайней мере, некоторых ареалов черноземов выщелоченных [Лебедева, Овечкин, 1988].

Анализ латеральной дифференциации содержания карбонатов в почвах на участке «Верхососна» (см. рис. 8) дополняет результаты рассмотрения радиальной дифференциации данного показателя (см. рис. 7). По мере увеличения глубины почвенных слоев, карбонаты первоначально появляются в восточной зоне участка, где присутствуют черноземы типичные, и эта зона с более высоким содержанием карбонатов отчетливо прослеживается в слое 60–180 см почв (см. рис. 8). В данной зоне, в слое 80–140 см отмечается локальная область особенно высокого содержания карбонатов (на рис. 8 показана стрелкой), происхождение которой сложнее объяснить с почвенной точки зрения и более логично искать объяснение с позиции литогенной неоднородности почвообразующих пород.

Заключение

Детальное картографирование автоморфных эталонно значимых фрагментов почвенного покрова на территории старых выгонов и сенокосов в лесостепной части юга Среднерусской возвышенности показало присутствие в структуре почвенного покрова комбинаций, состоящих из типичных и выщелоченных черноземов. Ареалы черноземов выщелоченных, как правило, встречаются вкраплениями среди главного фона, представленного черноземами типичными. На планах трех участков ареалы выщелоченных черноземов имеют округлую, овальную и вытянутую форму со средней площадью 37 м². В единичном случае был выявлен ареал чернозема выщелоченного площадью более 450 м². Ширина зоны перехода между ареалами типичных и выщелоченных черноземов (по изменению глубины вскипания) оценивается средней величиной 2,4±0,1 м. Подобные зоны перехода (из одного ареала почв в другой) рекомендуется показывать на детальных почвенных картах. На участках близкого расположения (10–25 м) друг к другу профилей черноземов выщелоченных и типичных сравнительный анализ показал более глубокое залегание максимума углерода карбонатов в черноземах выщелоченных (160 см) по сравнению с этим признаком в профилях черноземов типичных (125 см). Черноземы выщелоченные в слое 0–200 см содержат на 100 т/га углерода карбонатов меньше, чем черноземы типичные. Пространственное распределение двух рассматриваемых подтипов черноземов можно объяснить не только приуроченностью черноземов выщелоченных к микрозападинам (большинство изученных нами профилей приурочены к абсолютно ровным поверхностям водоразделов), но также исходной литологической неоднородностью содержания в почвообразующей породе карбонатов. Малокарбонатные почвообразующие породы могли стать триггерами формирования в позднем голоцене ареалов черноземов выщелоченных в структуре почвенного покрова лугово-степных ландшафтов лесостепи.

Список литературы

- Александровский А.Л., Александровская Е.И. 2005. Эволюция почв и географическая среда. М., Наука, 223 с.
- Афанасьева Е.А. 1966. Черноземы Среднерусской возвышенности. М., Наука, 224 с.
- Ахтырцев Б.П., Соловиченко В.Д. 1984. Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование. Воронеж, Издательство Воронежского университета, 267 с.
- Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. 1993. Почвенный покров Среднерусского Черноземья. Воронеж, Издательство Воронежского университета, 215 с.
- Геннадиев А.Н., Жидкин А.П., Олсон К.Р., Качинский В.Л. 2010. Эрозия и потери органического углерода при распашке склонов. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 6: 32–38.
- Грошева О.А. 2020. Эволюционное развитие черноземов и степей Евразии в исторической ретроспективе. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 12: 31–35. <https://doi.org/10.17513/mjpf.13156>
- Докучаев В.В. 1883. Русский чернозем. СПб., Типография Деклеропа и Евдокимова, 384 с.
- Жидкин А.П., Комиссаров М.А., Шамшурина Е.Н., Мищенко А.В. 2023. Эрозия почв на Среднерусской возвышенности (обзор). Почвоведение, 2: 259–272. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600901>.
- Классификация и диагностика почв СССР. 1977. М., Колос, 221 с.
- Козлов Д.Н., Жидкин А.П., Лозбенев Н.И. 2019. Цифровое картографирование эрозионных структур почвенного покрова на основе имитационной модели смыва (северная лесостепь Среднерусской возвышенности). Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева, 100: 5–35. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-100-5-35>.
- Коковина Т.П., Лебедева И.И. 1986. Современные гидротермические режимы и генетико-географические особенности черноземов ЕТС. В кн.: Успехи почвоведения. М., Наука: 148–153.
- Лебедева И.И. 2002. Гидрологические профили миграционно-карбонатных (типичных) черноземов и агрочерноземов. Почвоведение, 10: 1214–1223.
- Лебедева И.И., Овечкин С.В. 1988. Полиморфизм черноземов выщелоченных и СПП лесостепи ЦЧО. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 46: 40–41.
- Лукин С.В. 2023. Агроэкологическое состояние почв Центрально-Черноземного района. Белгород, КОНСТАНТА, 372 с.
- Новых Л.Л., Чендев Ю.Г., Нарожная А.Г. 2025. Эталонное качество почвенной структуры нативных черноземов на юге Среднерусской возвышенности. Региональные геосистемы, 49(4): 696–710. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-4-0-4>.
- Русаков А.В. 2012. Почвы и почвенный покров Ямской степи. СПб., Издательство Санкт-Петербургского университета, 216 с.
- Савин И.Ю. 2025. Методология крупномасштабного картографирования почв: подходы, проблемы и перспективы. Почвоведение, 10: 1243–1251. <https://doi.org/10.7868/S3034561825100011>.
- Серебрянная Т.А. 1992. Динамика границ Центральной лесостепи в голоцене. В кн.: Вековая динамика биогеоценозов. Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. Х. М., Наука: 54–71.
- Смирнова М.А., Жидкин А.П., Лозбенев Н.И., Заздравных Е.А., Козлов Д.Н. 2020. Цифровое картографирование степени эродированности почв с использованием моделей фактор – свойство и фактор – процесс – свойство (юг Среднерусской возвышенности). Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева, 104: 158–198. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-158-198>.
- Тишков А.А. 2024. Новые подходы к сохранению степей староосвоенных черноземных регионов России. Вопросы степеведения, 1: 22–31. <https://doi.org/10.24412/2712-8628-2024-1-22-31>.
- Фридланд В.М., Белобров В.П., Дайнеко Е.К. 1969. Опыт статистического анализа морфологических свойств черноземов целинной степи. Почвоведение, 4: 12–24.
- Фридланд В.М. 1972. Структура почвенного покрова. М., Мысль, 423 с.
- Чендев Ю.Г. 2008. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. М., ГЕОС, 212 с.
- Чендев Ю.Г., Хохлова О.С., Александровский А.Л. 2017. Агрогенная эволюция автоморфных

- черноземов. Почвоведение, 5: 515–531. <https://doi.org/10.7868/80032180X17050045>
- 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>.
- Чернова О.В., Присяжная А.А. 2024. Сохранение почвенного покрова степей на федеральных особо охраняемых природных территориях. Аридные экосистемы, 30(3(100)): 49–59.
- Щеглов Д.И. 1999. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М., Наука, 214 с.
- Chinilin A.V., Lozbenev N.I., Shilov P.M., Fil P.P., Levchenko E.A., Kozlov D.N. 2024. Synergetic Use of Bare Soil Composite Imagery and Multitemporal Vegetation Remote Sensing for Soil Mapping (A Case Study from Samara Region's Upland). Land, 13(12): 2229. <https://doi.org/10.3390/land13122229>.
- De Caires S.A., Martin C.S., Atwell M.A., Kaya F., Wuddivira G.A., Wuddivira M.N. 2025. Advancing Soil Mapping and Management Using Geostatistics and Integrated Machine Learning and Remote Sensing Techniques: A Synoptic Review. Discover Soil, 2(1): 53. <https://doi.org/10.1007/s44351-025-00053-9>.
- Khitrov N., Smirnova M., Lozbenev N., Levchenko E., Gribov V., ... Koroleva P. 2019. Soil Cover Patterns in the Forest-Steppe and Steppe Zones of the East-European Plain. Soil Science Annual, 70(3): 198–210. <https://doi.org/10.2478/ssa-2019-0018>.
- Lozbenev N., Smirnova M., Bocharnikov M., Kozlov D. 2019. Digital Mapping of Habitat for Plant Communities Based on Soil Functions: A Case Study in the Virgin Forest-Steppe of Russia. Soil Systems, 3(1): 19. <https://doi.org/10.3390/soilsystems3010019>
- Lozbenev N., Yurova A., Smirnova M., Kozlov D. 2021. Incorporating Process-Based Modeling Into Digital Soil Mapping: a Case Study in the Virgin Steppe of the Central Russian Upland. Geoderma, 383(12): 114733. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114733>.
- Lukanina E., Shumilovskikh L., Novenko E. 2022. Vegetation and Fire History of the East-European Forest-Steppe Over the Last 14,800 Years: A Case Study from Zamostye, Kursk region, Russia. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 605(11): 111218. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.111218>
- Mikhailova E.A., Bryant R.B., Galbraith J.M., Wang Y., Post C.J., ... Shen Z. 2018. Pedogenic Carbonates and Radiocarbon Isotopes of Organic Carbon at Depth in the Russian Chernozem. Geosciences, 8(12): 458. <https://doi.org/10.3390/geosciences8120458>.
- Pimenov V.E., Ponomarenko E.V., Chendev Y.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>
- Suleymanov A., Suleymanov R., Gabbasova I., Saifullin I. 2024. Field-Scale Digital Mapping of Top- and Subsoil Chernozem Properties. Precision Agriculture, 25(3): 1636–1657. <https://doi.org/10.1007/s11119-024-10128-x>.
- Vysloužilová B., Ertlen D., Schwartz D., Šefrna L. 2016. Chernozem. From Concept to Classification: a Review. AUC Geographica, 51(1): 85–95. <https://doi.org/10.14712/23361980.2016.8>.

References

- Aleksandrovskii A.L., Aleksandrovskaya E. 2005. Evolutsiya pochv i geograficheskaya sreda [Soil Evolution and the Geographical Environment]. Moscow, Publ. Nauka, 223 p.
- Afanas'yeva E.A. 1966. Chernozemy Srednerusskoj vozvysheynosti [Chernozems of the Central Russian Upland]. Moscow, Publ. Nauka, 224 p.
- Akhtyrtsev B.P., Solovichenko V.D. 1984. Pochvennyi pokrov Belgorodskoi oblasti: struktura, raionirovanie i ratsionalnoe ispolzovanie [Soil Cover of the Belgorod Region: Structure, Zoning and Rational Management]. Voronezh, Publ. Voronezh university, 267 p.
- Akhtyrtsev B.P., Akhtyrtsev A.B. 1993. Pochvennyi pokrov Tsentralnogo Chernozemya [Soil Cover of the Cenral Chernozem Region]. Voronezh, Publ. Voronezh university, 215 p.
- Gennadiyev A.N., Zhidkin A.P., Olson K.R., Kachinsky W.L. 2010. Erosion and Organic Carbon Loss from Soils During Slope Plowing. Lomonosov Geography Journal, 6: 32–38 (in Russian).

- Grosheva O.A. 2020. Evolutionary Development of Chernozems and Steppes of Eurasia in Historical Retrospective. *International journal of applied and fundamental research*, 12: 31–35 (in Russian). <https://doi.org/10.17513/mjpf.13156>
- Dokuchaev V.V. 1883. *Russkiy chernozem [Russian Chernozem]*. Saint Petersburg, Publ. Tipografiya Dekleropa i Evdokimova, 384 p.
- Zhidkin A.P., Komissarov M.A., Shamshurina E.N., Mishchenko A.V. 2023. Soil Erosion in the Central Russian Upland: A Review. *Eurasian Soil Science*, 56(2): 226–237 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1064229322601743>.
- Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR [Classification and Diagnostics of Soils of the USSR]. 1977. Moscow, Publ. Kolos, 221 p.
- Kozlov D.N., Zhidkin A.P., Lozbenev N.I. 2019. Digital Mapping of Soil Cover Eroded Patterns on the Basis of Soil Erosion Simulation Model (Northern Forest-Steppe of the Central Russian Upland). *Dokuchaev Soil Bulletin*, 100: 5–35 (in Russian). <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-100-5-35>.
- Kokovina T.P., Lebedeva I.I. 1986. *Sovremennye gidrotermicheskie rezhimy i genetiko-geograficheskie osobennosti chernozemov [Contemporary Hydrothermic Regimes and Genetic-Geographical Peculiarities of Chernozems in the European part of the Soviet Union]*. In: *Uspehi pochvovedeniya [Advances in Soil Science]*. Moscow, Publ. Nauka: 148–153.
- Lebedeva I.I. 2002. Hydrological profiles of Typical Chernozems and Agrochernozems with migrational forms of pedogenic carbonates. *Eurasian soil science*, 10: 1076–1084.
- Lebedeva I.I., Ovechkin S.V. 1988. Polimorfizm chernozemov vyshelochennykh i SPP lesostepi TsChO [Polymorphism of the Leached Chernozems and Structure of Soil Cover in the Forest-Steppe of the Central Chernozem Oblast]. *Dokuchaev Soil Bulletin*, 46: 40–41.
- Lukin S.V. 2023. *Agroekologicheskoe sostoznie pochv Tsentral'no-Chernozemnogo Raiona [Agroecological State of Soils in the Central Chernozem Region]*. Belgorod, Publ. KONSTANTA, 372 p.
- Novykh L.L., Chendev Yu.G., Narozhnaya 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). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2025-49-4-0-4>.
- Rusakov A.V. 2012. *Pochvy i pochvennyy pokrov Yamskoy stepi [Soils and Soil Cover of the Yamskaya Steppe]*. Sankt-Petersburg, Publ. Sankt-Petersburg university, 216 p.
- Savin I.Yu. 2025. Large-Scale Soil Mapping Methodology: Approaches, Challenges, and Prospects. *Eurasian Soil Science*, 58(10): 1–9 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1064229325600897>.
- Serebryannaya T.A. 1992. Dinamika granits Tsentralnoy lesostepi v golotsene [Dynamics of the Boundaries of Central Forest-Steppe in the Holocene]. In: *Vekovaya dinamika biogeotsenozov. Chteniya pamyati akademika V.N. Sukacheva [Conference in Memoriam of Academician V.N. Sukachev "Century Dynamics of Biogeocenoses"]*. Moscow, Publ. Nauka: 54–71.
- Smirnova M.A., Zhidkin A.P., Lozbenev N.I., Zazdravnykh E.A., Kozlov D.N. 2020. Digital Mapping of Erosion Degree of Soils Using the Factor – Property and Factor – Process – Property Models (the South of the Central Russian Upland). *Dokuchaev Soil Bulletin*, 104: 158–198 (in Russian). <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-158-198>.
- Tishkov A.A. 2024. New Approaches to the Conservation of Steppes in the Old-Developed Chernozem Regions of Russia. *Steppe Science*, 1: 22–31 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2712-8628-2024-1-22-31>.
- Fridland V.M., Belobrov V.P., Daineko E.K. 1969. Opyt statisticheskogo analiza morfologicheskikh svoystv chernozemov tselinnoi stepi [An Experience of Statistical Analysis of Morphological Properties of Virgin Steppe Chernozems]. *Pochvovedenie*, 4: 12–24.
- Fridland V.M. 1972. *Struktura pochvennogo pokrova [The Structure of Soil Cover]*. Moscow, Publ. Mysl': 423 p.
- Chendev Yu.G. 2008. *Evolution of Forest-Steppe Soils of the Central Russian Upland in the Holocene*. Moscow, Publ. GEOS, 212 p. (in Russian).
- Chendev Yu.G., Khokhlova O.S., Alexandrovskiy A.L. 2017. Agrogenic Evolution of Automorphic Chernozems in the Forest-Steppe Zone (Belgorod Oblast). *Eurasian Soil Science*, 50(5): 499–514 (in Russian). <https://doi.org/10.7868/80032180X17050045>.

- Chendev Yu.G., Smirnova M.A., Gennadiev 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>.
- Chernova O.V., Prisyazhnaya A.A. 2024. Conservation of Steppe Soil Cover in Federal Specially Protected Natural Areas. *Arid Ecosystems*, 30(3(100)): 49–59 (in Russian).
- Shcheglov D.I. 1999. Chernozemy centra Russkoy ravniny i ih evolyuciya pod vliyaniem estestvennyh i antropogennyh faktorov [Chernozems of the Center of Russian Plain and Their Evolution Under the Influence of Natural and Anthropogenic Factors]. Moscow, Publ. Nauka, 214 p.
- Chinilin A.V., Lozbenov N.I., Shilov P.M., Fil P.P., Levchenko E.A., Kozlov D.N. 2024. Synergetic Use of Bare Soil Composite Imagery and Multitemporal Vegetation Remote Sensing for Soil Mapping (A Case Study from Samara Region's Upland). *Land*, 13(12): 2229. <https://doi.org/10.3390/land13122229>.
- De Caires S.A., Martin C.S., Atwell M.A., Kaya F., Wuddivira G.A., Wuddivira M.N. 2025. Advancing Soil Mapping and Management Using Geostatistics and Integrated Machine Learning and Remote Sensing Techniques: A Synoptic Review. *Discover Soil*, 2(1): 53. <https://doi.org/10.1007/s44351-025-00053-9>.
- Khitrov N., Smirnova M., Lozbenov N., Levchenko E., Gribov V., ... Koroleva P. 2019. Soil Cover Patterns in the Forest-Steppe and Steppe Zones of the East-European Plain. *Soil Science Annual*, 70(3): 198–210. <https://doi.org/10.2478/ssa-2019-0018>.
- Lozbenov N., Smirnova M., Bocharnikov M., Kozlov D. 2019. Digital Mapping of Habitat for Plant Communities Based on Soil Functions: A Case Study in the Virgin Forest-Steppe of Russia. *Soil Systems*, 3(1): 19. <https://doi.org/10.3390/soilsystems3010019>.
- Lozbenov N., Yurova A., Smirnova M., Kozlov D. 2021. Incorporating Process-Based Modeling Into Digital Soil Mapping: a Case Study in the Virgin Steppe of the Central Russian Upland. *Geoderma*, 383(12): 114733. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114733>.
- Lukanina E., Shumilovskikh L., Novenko E. 2022. Vegetation and Fire History of the East-European Forest-Steppe Over the Last 14,800 Years: A Case Study from Zamostye, Kursk region, Russia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 605(11): 111218. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.111218>.
- Mikhailova E.A., Bryant R.B., Galbraith J.M., Wang Y., Post C.J., ... Shen Z. 2018. Pedogenic Carbonates and Radiocarbon Isotopes of Organic Carbon at Depth in the Russian Chernozem. *Geosciences*, 8(12): 458. <https://doi.org/10.3390/geosciences8120458>.
- Pimenov V.E., Ponomarenko E.V., Chendev Y.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>.
- Suleymanov A., Suleymanov R., Gabbasova I., Saifullin I. 2024. Field-Scale Digital Mapping of Top- and Subsoil Chernozem Properties. *Precision Agriculture*, 25(3): 1636–1657. <https://doi.org/10.1007/s11119-024-10128-x>.
- Vysloužilová B., Ertlen D., Schwartz D., Šefrna L. 2016. Chernozem. From Concept to Classification: a Review. *AUC Geographica*, 51(1): 85–95. <https://doi.org/10.14712/23361980.2016.8>.

*Поступила в редакцию 08.07.2026;
поступила после рецензирования 19.08.2026;
принята к публикации 02.09.2026*

*Received July 08, 2026;
Revised August 19, 2026;
Accepted September 02, 2026*

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

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

Геннадиев Александр Николаевич, доктор географических наук, профессор, профессор кафедры геохимии ландшафтов и географии почв, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Смирнова Мария Андреевна, кандидат географических наук, доцент кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Талджеббини Абдульраззак, магистрант кафедры природопользования и земельного кадастра Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Юй Сяоюй, магистрант кафедры природопользования и земельного кадастра Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yury G. Chendev, Doctor Geographical Sciences, Professor, Professor of the Department of Natural Resources and Land Cadastre, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Alexander N. Gennadiev, Doctor Geographical Sciences, Professor, Professor of the Department of Environmental Geochemistry and Geography of Soils, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Maria A. Smirnova, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor at the Department of Environmental Geochemistry and Geography of Soils, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abdulrazzaq Taljebbini, Master's student of the Department of Natural Resources and Land Cadastre, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Xiaoyu Yu, Master's student of the Department of Natural Resources and Land Cadastre, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia