

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОХРАННОСТИ НАТИВНЫХ СВОЙСТВ ЛУГОВО-СТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ: СТАРЫЕ ВЫГОНЫ-СЕНОКОСЫ И ЗАПОВЕДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ

Ю.Г. Ченdev¹, М.А. Смирнова², А.Н. Геннадиев³, А.В. Соляной⁴, Т.Л. Салова⁵

^{1,5} Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Институт наук о Земле,
кафедра природопользования и земельного кадастра

^{2,3} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра геохимии ландшафтов и географии почв

⁴ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Институт наук о Земле,
кафедра географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности

¹ Проф., д-р геогр. наук; e-mail: chendev@bsuedu.ru

² Доц., канд. геогр. наук; e-mail: summerija@yandex.ru

³ Проф., д-р геогр. наук; e-mail: alexagenna@mail.ru

⁴ Аспирант; e-mail: solyanoy96@mail.ru

⁵ Ассистент; e-mail: salova@bsuedu.ru

Целью данного исследования является сравнительный анализ морфологических и физических свойств профилей никогда не пахавшихся автоморфных черноземов старых выгонов-сенокосов и целинных черноземов заповедных территорий лугово-степных ландшафтов лесостепной зоны Среднерусской возвышенности. Установлена близость таких признаков, как мощность гумусовых горизонтов и гумусированной части почвенных профилей, степень зоогенной переработки и профильное распределение включений ходов слепышей, характер профильного распределения содержания гранулометрических фракций и плотности твердой фазы почв. К различиям относятся более высокое уплотнение верхней части профилей черноземов выгонов-сенокосов и пониженные значения в этих слоях общей пористости почв. В связи с острым дефицитом эталонно значимых черноземов на территории аграрно-освоенной лесостепи Среднерусской возвышенности по ряду выявленных признаков непаханные черноземы выгонов и сенокосов, формирующиеся в автоморфных позициях рельефа, предлагается использовать в качестве близкого к нативному состоянию фона для сравнения с антропогенно трансформированными черноземами окружающих территорий.

Ключевые слова: лесостепь, плотность почв, Белгородская область, автоморфные черноземы, гумусовые горизонты, карбонаты, черноземы типичные, черноземы выщелоченные, гранулометрический состав почв

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.6.12

ВВЕДЕНИЕ

Обсуждению вопросов происхождения черноземов, их эволюции, современным свойствам и протекающим в них процессам, а также особенностям географии данных почв в российском и зарубежном почвоведении всегда уделялось большое внимание [Докучаев, 1883; Афанасьев, 1966; Черноземы..., 1974; Лебедева, 1983; Русский чернозем..., 1983; Александровский, 1984; Марголина и др., 1988; Иванов, 1992; Агробиогенетическое..., 1996; Щербаков и др., 1996; Щеглов, 1999; Лебедева, 2002; Глазовская, 2003; Когут, 2015; Грошева, 2020; Смирнова и др., 2023; Ченdev и др., 2024a].

Много работ посвящено изучению влияния распашки на трансформацию черноземов [Афанасьев, 1966; Коковина, 1983; Щербаков и др., 1996; Щеглов, 1999; Ахтырцев, Ахтырцев, 2002; Лебедева,

2002; Глазовская, 2003; Крупеников, 2008; Ченdev и др., 2017]. В меньшей степени известны публикации, содержащие сведения о свойствах и режимах черноземов на фрагментарно сохранившихся участках лугово-степной целины в пределах территории восточноевропейской лесостепи (главным образом, на территории Центрально-черноземного заповедника имени В.В. Алексина и Ямского участка заповедника «Белогорье») [Герцык, 1959; Афанасьев, 1966; Большаков, 1961; Марголина и др., 1988; Руслаков, 2012; Фридланд и др., 1969; Целищева, Дайнеко, 1966].

В то же время одной из проблем более широко-факторно-генетического исследования целинных черноземов является малая площадь сохранившихся фрагментов их ареала (не более 60 км² на всей территории лесостепи Среднерусской возвышен-

ности, из которых 53 км² приходится на Центрально-черноземный заповедник имени В.В. Алехина), охватывающая весьма ограниченное число существующих природных физико-географических обстановок. В связи с этим высказываются пожелания о создании дополнительных резерватов с нативными черноземами в виде особо охраняемых природных территорий [Грошева, 2020; Чернова, 2021]. Как справедливо отмечает О.В. Чернова: «В районах высокой сельскохозяйственной измененности сложно найти значительные по площади территории с естественными биоценозами и почвами. В таких условиях необходима инвентаризация всех, даже небольших по площади участков ненарушенных почв под естественной или восстановленной растительностью» [Чернова, 2021, с. 35].

Действительно, для успешного развития российского земледелия как одной из наиболее важных отраслей экономики страны необходимы мониторинг и своевременная корректировка качества почв, что требует среди прочего информации о параметрах исходного естественного состояния почвенного покрова. Учет и анализ нативных характеристик почв призван с большей степенью достоверности дать оценку уровню деградации или проградации используемых в хозяйственной деятельности почв, а с другой стороны, позволяет углубить знания о естественных пространственных закономерностях изменения свойств почв и процессов почвообразования. Эти задачи особенно актуальны для черноземной зоны Европейской России, где сосредоточены наиболее ценные почвенные ресурсы и где в условиях практически тотальной антропогенной трансформации почвенного покрова существует острый дефицит эталонно значимых (нативных) черноземов.

Кроме заповедных территорий (Центрально-черноземный заповедник имени В.В. Алехина и Ямской участок заповедника «Белогорье»), по нашему мнению, автоморфные, близкие к нативным, черноземы должны существовать во многих местах Центральной лесостепи в условиях режима «мягких» антропогенных воздействий, а именно – сенонасаждения или эпизодического выпаса домашних животных.

Первые проведенные исследования показали, что почвы сенокосов и выгона, сохранившиеся в пределах исторически существовавших с XVIII–XIX вв. границ сельских населенных пунктов на юге Среднерусской возвышенности, представляют собой научный интерес для изучения эталонных свойств и функций нативных черноземов. С помощью историко-картографического метода исследований было установлено, что на многих участках почвы сенокосов и выгона никогда не распахивались, что является важным обстоятельством и обе-

спечивает возможность рассмотрения данных почв как природных эталонов для сравнения с ними староосвоенных черноземов окружающих распахиваемых территорий [Ченdev и др., 2024б].

Важным методическим приемом при исследовании эталонно значимых черноземов на участках выгонов и сенокосов является сравнение их признаков (в первую очередь, морфологических и физических) с признаками черноземов заповедных территорий, расположенных недалеко от мест исследования указанных участков. В контексте данного исследования под «нативными свойствами» понимаются свойства почв, сформированные в условиях длительного зонального почвообразования, исключающего распашку. При этом признается, что абсолютный эталон («истинная» степь с воздействием диких копытных) утрачен. Почвы заповедных территорий рассматриваются как эталон, фиксирующий наиболее близкие к доагрикультурным инерционные признаки почв (мощность профиля, гранулометрический состав, плотность почв, запасы органического углерода), хотя их режим (часто без выпаса) также представляет собой специфическую модель. Добавим, что в ряде заповедников разрешается умеренный выпас домашних животных с целью имитации воздействия диких копытных на почвы. Почвы выгонов-сенокосов, в свою очередь, сохраняя многие морфологические черты, демонстрируют влияние антропогенного фактора, что позволяет проводить сравнительный анализ различных аспектов сохранности исходных свойств черноземов.

Цель настоящей работы – сравнительный анализ морфологических и физических свойств автоморфных черноземов в ареалах распространения никогда не пахавшихся выгонов-сенокосов и заповедных лугово-степных территорий лесостепи центра Восточно-Европейской равнины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Схема расположения участков исследования представлена на рис. 1.

Территория исследования находится в зоне лесостепи на юге Среднерусской возвышенности. Климат умеренно-континентальный, среднегодовая температура воздуха составляет +6,5°C, температура июля – +19°C, января – –8,5°C. Среднегодовое количество осадков варьирует от года к году и в среднем равно 600 мм. Коэффициент увлажнения Селянинова находится в диапазоне 1,2–1,0; по направлению с С-З на Ю-В происходит нарастание континентальности климата. Рельеф Среднерусской возвышенности характеризуется широким развитием ровных и слабонаклонных междуречий, расчлененных долинно-балочной и овражной сетью с густотой расчленения до 1,3–1,7 км на 1 км² и глубиной расчленения от 50 до

100–150 м. Почвообразующие породы представлены лессовидными карбонатными суглинками разной мощности, преимущественно, тяжелосуглинистого гранулометрического состава; локально встречаются выходы плотных карбонатных пород.

Территория Среднерусской возвышенности в значительной степени распахана. В границах Белгородской области пашня по состоянию на 2014 г.

[Лукин, 2014] занимала 61% от площади области, причем в начале XX столетия она занимала 71% от площади области, когда даже покатые склоны речных долин и балок находились в земледельческом освоении. Позднее склоновые земли из пашенных были переведены в разряд других угодий, чем объясняется уменьшение в XX в. площади пашни с 71 до 61% [Ченdev, Петин, 2006].

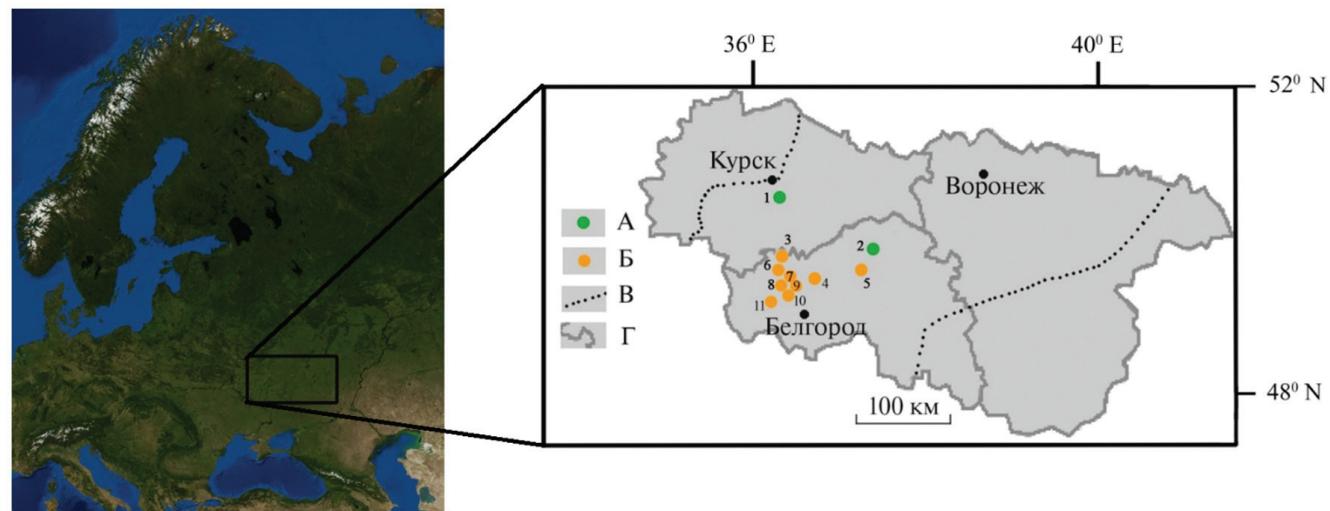


Рис. 1. Ключевые участки исследований эталонных и эталонно-значимых автоморфных черноземов лесостепи:
 А – заповедные территории (1 – «Стрелецкая степь», 2 – «Ямская степь»); Б – территории старых выгонов и сенокосов (3 – «Сафоновка»; 4 – «Жимолостное»; 5 – «Юрьевка»; 6 – «Сухосолотино»; 7 – «Рождественка»; 8 – «Триречное»; 9 – «Быковка»; 10 – «Задельное»; 11 – «Коровино»); В – северная и южная границы лесостепной зоны;
 Г – административные границы Белгородской, Воронежской и Курской областей

Fig. 1. Study sites of reference and near-reference automorphic chernozems in the forest-steppe zone.

А – Protected areas (1 – “Streltskaya Steppe”, 2 – “Yamskaya Steppe”); Б – Long-term pastures and hayfields (3 – “Safonovka”, 4 – “Zhimolostnoe”, 5 – “Yuryevka”, 6 – “Sukhosolotino”, 7 – “Rozhdestvenka”, 8 – “Trirechnoe”, 9 – “Bykovka”, 10 – “Zadelnoe”, 11 – “Korovino”); В – Northern and southern boundaries of the forest-steppe zone; Г – Administrative borders of Belgorod, Voronezh and Kursk oblasts

Никогда не пахавшиеся, целинные почвы встречаются на территории заповедников – Стрелецкая степь Центрально-черноземного заповедника имени В.В. Алексина, а также Ямская степь заповедника «Белогорье». Общая площадь охраняемых лугово-степных территорий составляет около 4000 га. Никогда не пахавшиеся почвы также встречаются на окраинах, иногда в центральных частях, деревень и сел; эти участки представляют собой территории, исторически используемые в качестве сенокосов и выгонов. По оценкам, основанным на работе со старинными крупномасштабными картами XVIII, середины и конца XIX, середины XX вв. масштабов 1 : 8400, 1 : 10 000 и с современными спутниковыми снимками, такие участки могут занимать суммарно не более 120 га на Среднерусской возвышенности в границах Белгородской области [Ченdev и др., 2024б].

Выявление никогда не пахавшихся почв проводилось на основе анализа всех имеющихся в архи-

вах и в открытом доступе крупномасштабных карт и материалов дистанционного зондирования Земли. Первоначальный выбор перспективных территорий проводился на основе сопряженного анализа крупномасштабных топографических карт – были выбраны участки с крутизной менее 2° – и данных дистанционного зондирования Земли; затем в Российском государственном архиве древних актов были собраны имеющиеся картографические данные на интересующие территории – геометрические специальные планы сел (конец XVIII в., конец – середина XIX в.) масштаба 1 : 8400, военно-топографическая карта Курской губернии 1864 г. масштаба 1 : 126 000, топографические карты середины XX в. масштаба 1 : 10 000. Таким образом, были проанализированы материалы за исторический период с конца XVIII по начало XXI в. После идентификации участков проводились рекогносцировочные выезды, опросы старожилов.

Объектами настоящего исследования являлись лесостепные черноземы Среднерусской возвышенности, сформированные в автоморфных условиях на лессовидных карбонатных суглинках водораздельных поверхностей или водораздельных склонов крутизной до двух градусов.

Заповедные, т. е. эталонные черноземы изучались в пределах Ямской степи заповедника «Белогорье», где было заложено и исследовано четыре почвенных разреза на водораздельном участке под луговой степью. Дополнительно использовались сведения о семи почвенных разрезах Стрелецкой степи, опубликованных в работе [Афанасьева, 1966]. Также были использованы литературные усредненные данные по целинным черноземам Центрального Черноземья: 21 чернозему выщелоченному и 33 черноземам типичным из Воронежской, Курской и Белгородской областей, представленным в работе [Щеглов, 1999], и одному разрезу чернозема Стрелецкой степи из работы [Марголина и др., 1988]. Выбор литературных источников был продиктован единством подходов к исследованию, главным образом послойному, а не погоризонтному анализу почвенных свойств. Разная обеспеченность рассматриваемых разрезов данными по отдельным признакам отразилась на разном объеме анализируемых выборок изучаемых показателей.

Почвы сенокосов и выгонов были исследованы в окрестностях девяти деревень; всего было заложено и исследовано 19 почвенных разрезов эталонно-значимых черноземов под старыми, никогда не пахавшимися сенокосами и выgonами.

На всех участках в рамках полевых исследований закладывались глубокие почвенные разрезы глубиной до 200 см. Определение границ горизонтов и глубины обнаружения вторичных карбонатов проводилось в 10-кратной повторности через равные промежутки: по три повторности на левой и правой стенах разреза, четыре повторности – на передней стенке разреза. Затем проводилось тщательное полевое описание почв с помощью метода морфологического анализа почвенного профиля. Образцы почв отбирались послойно, через каждые 10 см до глубины 1 м и через 20 см – в слое 1–2 м.

В работе анализируется следующий комплекс почвенных признаков: морфологические свойства почв – мощность гумусовых горизонтов ($A1'+A1''$) и гумусированной части профиля ($A1+A1B+BA1$), глубина вскипания, структура, новообразования, включения; физические свойства почв – гранулометрический состав, плотность сложения, удельная плотность (или плотность твердой фазы) почв, пористость (или скважность) почв.

Определение плотности сложения почв проводилось гравиметрическим методом с помощью сталь-

ных колец объемом 66,92 см³. В каждом слое почвенного разреза плотность определялась в 3-кратной повторности, а затем находилось среднее значение показателя. Предварительно высушенные, очищенные от корней и гомогенизированные образцы почв были подвергнуты следующим видам анализов: определению гигроскопической влаги, удельной плотности с помощью пикнометра (ГОСТ 5180-2015), гранулометрического состава седиментационным методом с предварительной диспергацией пробы пирофосфатом натрия (ГОСТ 12536-2014), содержанию CO_2 , карбонатов (ацидиметрическим методом), содержанию C_{opr} по методу Тюрина (ГОСТ 26213-2021). Определения карбонатов и органического углерода почв выполнялись как вспомогательные виды анализа для визуализации изменения глубины вскипания и обоснования профильных особенностей изменения плотности твердой фазы почв. Статистическая обработка данных включала расчет основных статистических параметров (характеристика средних, вариабельность разброса значений), проверку гипотез о нормальности распределения исследованных свойств почв (на основании критерия Колмогорова – Смирнова). Для оценки значимости различий средних использовался *t*-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Примеры внешнего облика изученных профилей заповедного чернозема и чернозема не пахавшегося выгона-сенокоса представлены на рис. 2. Особенностью всех без исключения изученных профилей выступает близость их морфологического строения, в частности верхней гумусированной части профилей.

Сравнительный анализ мощностей гумусовых горизонтов и гумусированной части профилей черноземов старых выгонов-сенокосов ($n = 19$) и их заповедных аналогов ($n = 7$) выявил близкие соответствия (табл. 1), т. е. по указанным показателям можно констатировать аналогичную эталонность свойств черноземов выгонов-сенокосов по отношению к черноземам заповедных территорий.

Как черноземы заповедных территорий, так и черноземы выгонов-сенокосов характеризуются хорошей структурированностью их гумусовых горизонтов, наличием «бус», образованных зернистыми и мелкокомковатыми агрегатами, как виноградные гроздья свисающими с мелких корней трав, высокой степенью перерытости мелкой почвенной фауной (червями и насекомыми), наличием их пустотелых ходов и обилием копролитов. Отсутствие прошлой распашки черноземов выгонов-сенокосов подтверждается как наличием в их верхних сло-

ях хорошо сформированной зернистой структуры (причем зернистые агрегаты с трудом раздавливались при нажатии), так и отсутствием морфологических признаков старопахотных горизонтов, которые, по мнению ряда исследователей [Лисецкий, 1994; Люри и др., 2010], долгое время сохраняются в почвенных профилях.

Вместе с тем в ряде случаев в почвах выгонов-сенокосов морфологически определялось более

высокое, чем в заповедных черноземах, уплотнение верхних 30–40 см (по большему усилию вхождения в стенку почвенного ножа и по более компактной упаковке почвенных агрегатов). Иногда фиксировалась повышенная комковатость гумусовых горизонтов, причем визуально хорошо определялось формирование комковатых агрегатов из большого числа плотно упакованных между собой зернистых агрегатов.

Таблица 1

Морфометрические характеристики гумусированной части профилей изучаемых черноземов

Мощность, см	Статистический показатель				
	n	lim	$X \pm \delta_X$	δ	V, %
Заповедные черноземы					
A1	7	36–95	52,7±7,5	19,93	37,8
A1B+BA1	7	20–45	29,9±3,3	8,66	29,0
A1+A1B+BA1	7	65–115	82,6±6,4	17,00	20,6
Черноземы старых выгонов-сенокосов					
A1	19	37–63	53,3±1,5	6,39	12,0
A1B+BA1	19	16–41	28,9±1,5	6,65	23,0
A1+A1B+BA1	19	64–93	82,2±1,9	8,07	9,8

Примечание: n – объем выборки; lim – минимальное и максимальное значение; $X \pm \delta_X$ – среднее значение ± ошибка выборочной средней; δ – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации.



Рис. 2. Профили черноземов Ямской степи (А) и старого выгона-сенокоса (Б)

Fig. 2. Soil profiles of chernozems from (A) Yamskaya Steppe (natural reserve) and (B) a long-term pasture-hayfield

Причина местами выявляемой более «грубой» структуры в черноземах выгонов-сенокосов по сравнению с их заповедными аналогами видится в длительном использовании данных почв для выпаса животных, которые на протяжении многих десятилетий воздействовали на верхние почвенные слои, уплотняя их.

Отдельного рассмотрения требуют анализ и оценка *степени зоогенной переработки почв*: пространственного распределения в профилях черноземов ходов крупных землероев – слепышей. Наличие ходов этих животных, заполненных разнородным почвенным материалом, является характерной особенностью облика средней и нижней части их профилей (см. рис. 2). Специально проведенное исследование показало следующее. На передних стенках почвенных разрезов был выпол-

нен послойный (с шагом 50 см) расчет площадей, занятых слепышинами – для парных разрезов на четырех выгонах (участки «Жимолостное», «Коровино», «Сафоновка», «Юрьевка», $n = 8$) и для четырех разрезов в Ямской степи (участки «Кордон» (1 разрез), «Курган» (1 разрез), «Котеневские верхи» (2 разреза)). Как показали результаты сравнения (табл. 2), хотя и имело место варьирование площадей слепышин по разрезам и глубинам, различия на всех глубинах между черноземами выгонов-сенокосов и черноземами заповедника оказались недостоверными.

Средняя площадь под слепышинами в двухметровой толще черноземов выгонов составила 25% от площади почвенных профилей, а в двухметровой толще черноземов заповедных территорий – 24% от площади почвенных профилей (табл. 2).

Таблица 2

**Различия в послойном распределении площадей слепышин (% от площади слоя)
в профилях заповедных черноземов ($n = 4$) и черноземов старых выгонов и сенокосов ($n = 8$)**

Слой, см	lim	$X \pm \delta_X$	Модуль разности	HCP_{05}
Черноземы заповедных территорий				
0–50	6,3–11,2	9,2±1,05	1,1	5,1
	1,6–18,1	10,3±2,03		
50–100	39,2–76,9	59,1±8,31	9,7	21,7
	24,9–69,7	49,4±5,02		
100–150	14,4–24,2	21,0±2,28	11,3	16,1
	9,7–51,1	32,3±6,87		
150–200	1,7–7,5	4,8±1,2	3,3	5,4
	0,7–18,7	8,1±2,1		
Черноземы выгонов и сенокосов				
0–100	24,7–44	34,2±4,13	4,4	11,8
	16–42,8	29,8±3,29		
100–200	8,1–15,7	12,9±1,70	7,3	9,4
	5,2–39	20,2±3,85		
0–200	20,2–29,4	23,5±2,02	1,5	8,8
	12,8–36,7	25,0±3,38		

Примечание: lim – минимальное и максимальное значение; $X \pm \delta_X$ – среднее значение ± ошибка выборочной средней; HCP_{05} – наименьшая существенная разность 5%-го уровня значимости.

В почвах двух сравниемых видов угодий выдерживается сходная тенденция изменения показателя по вертикали почвенных профилей: рост площади под слепышинами от поверхности в глубину с достижением максимума показателя в слое 50–100 см, и дальнейшее снижение показателя в более глубоколежащих слоях. Судя по зарисовкам

включений слепышин на передних стенках изученных профилей черноземов, идентификация максимальной плотности слепышин соответствует слою 60–120 см почв, как выгонов-сенокосов, так и заповедных участков. Данный уровень максимальной перерытости черноземов лугово-степных пространств лесостепи юга Среднерусской воз-

вышенности, по-видимому, не случаен и, как мы считаем, отражает своеобразие климатических условий, формирующих максимально благоприятное жизненное пространство для деятельности слепыша именно на указанных глубинах.

Таким образом, и по профильным особенностям распределения включений слепышин в черноземах выгонов-сенокосов выявляются близкие к черноземам заповедных территорий закономерности.

Важным диагностическим признаком черноземов считается *глубина обнаружения вторичных карбонатов в почвах* (глубина вскипания). Для наглядности сравнения почв по данному признаку на рис. 3 приводится профильное распределение углерода карбонатов в профилях изученных нами категорий черноземов.

В эталонных (заповедники) почвах выщелоченный подтип отличается от подтипа типичного чернозема более глубоким залеганием карбонатов и большей глубиной распространения максимума их содержания (80, 60 см и 140, 120 см соответственно). В эталонно значимых (на выгонах-сенокосах) черноземах выщелоченных и типичных соблюдается примерно та же тенденция, однако уровни карбо-

натов имеют менее глубокое залегание, т. е. можно предположить подтяжку карбонатов к поверхности в режиме использования черноземов под сенокосы и пастбища. Е.А. Афанасьева (1966) отмечает, что в черноземах скашиваемых участков заповедной стели после каждого покоса временно (до отрастания фитомассы) прекращается корневая десукция и почвенная влага в карбонатном горизонте остается недоиспользованной растениями; в такие периоды при летнем прогреве почвы растворенные карбонаты более интенсивно передвигаются вверх из карбонатного горизонта к гумусовому. Поэтому в профилях черноземов скашиваемых участков наблюдается более высокое вскипание по сравнению с черноземами некосимой стели. Поедание животными травы на выгонах совместно с сенокошением по указанной причине должны были инициировать выявленное нами окарбоначивание профилей черноземов – менее существенное в ареале выщелоченных черноземов с поднятием уровня карбонатов примерно на 10 см и более существенное в ареале черноземов типичных с повышением линии профильного распределения карбонатов на 20–30 см (см. рис. 3).

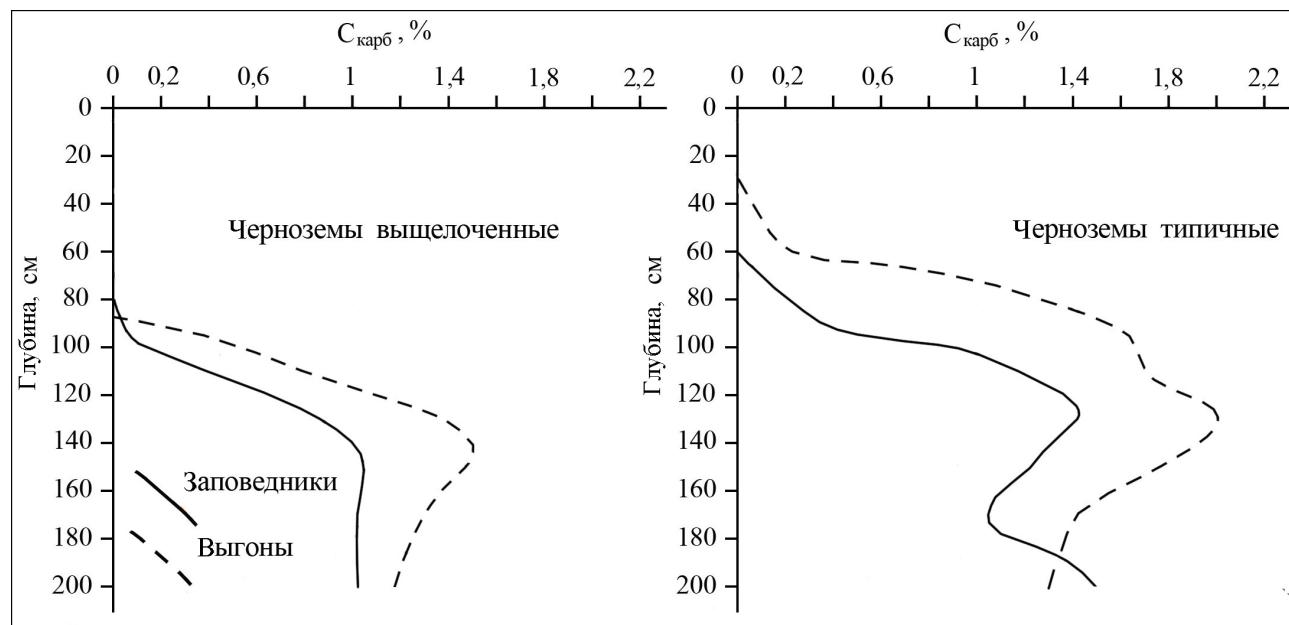


Рис. 3. Содержание углерода карбонатов на разных глубинах в профилях двух категорий изученных черноземов (каждая линия – средние значения из показателей нескольких разрезов (для черноземов выщелоченных – от $n = 4$ (заповедники) до $n = 6$ (выгоны); для черноземов типичных – от $n = 6$ (заповедники) до $n = 13$ (выгоны)))

Fig. 3. Depth-wise distribution of carbonate carbon in the studied chernozem categories (lines represent mean values from multiple profiles: for leached chernozems, $n = 4$ (natural reserve) and $n = 6$ (pastures); for typical chernozems, $n = 6$ (natural reserve) and $n = 13$ (pastures))

На основании сравнительного анализа глубины залегания карбонатов эталонность профилей черноземов сенокосов и выгонов по данному признаку следует считать низкой.

Среди физических свойств сравниваемых черноземов были рассмотрены их гранулометрический состав, плотность сложения, плотность твердой фазы почв (удельная плотность) и пористость (скважность).

Гранулометрический состав всех изученных черноземов изменяется от тяжелосуглинистого до легкоглинистого с диапазоном варьирования содержания фракции менее 0,01 мм (физическая глина) от 40 до 62% в слое 0–20 см. Для всех изученных черноземов характерен рост с глубиной содержания тонких гранулометрических фракций, что особенно хорошо проявляется в верхней метровой толще

почв (рис. 4). Данная особенность находит свое подтверждение в появлении на глубинах 120–140 см в профилях большинства изученных нами черноземов (заповедников и старых выгонов-сенокосов) такого признака, как наличие мелких железисто-марганцевых примазок – индикаторов сезонного оглеения из-за периодически возникающей здесь верховодки.

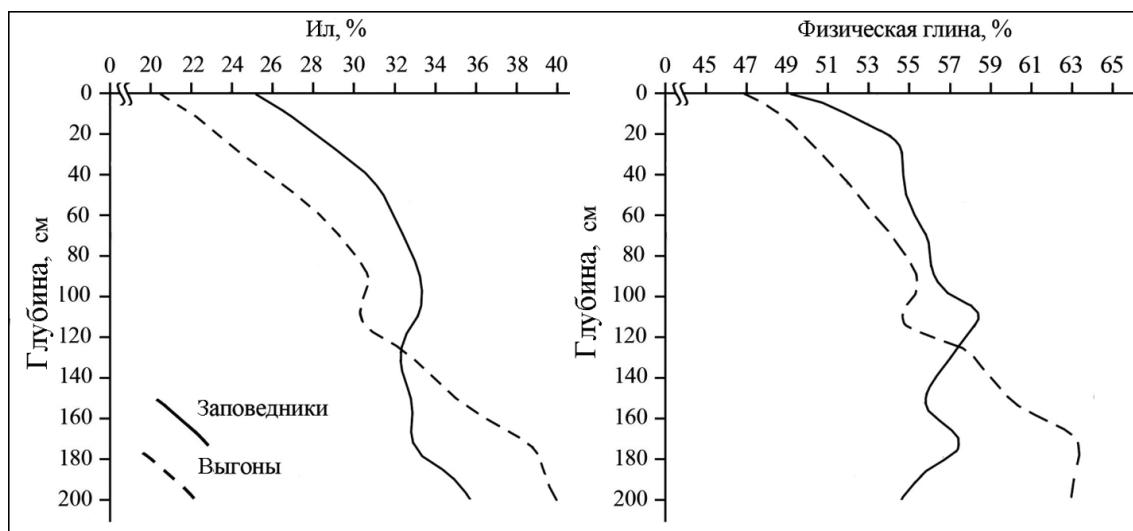


Рис. 4. Профильное распределение ила (частицы менее 0,001 мм) и физической глины (частицы менее 0,01 мм) в профилях черноземов двух категорий (усредненные характеристики всех разрезов по каждой категории)

Fig. 4. Vertical distribution of clay (<0,001 mm) and physical clay (<0,01 mm) fractions in Haplic and Luvic Chernozems (averaged across all profiles of a category)

По нашему мнению, рост с глубиной содержания тонких гранулометрических фракций и обусловленные этим процессы и свойства почвообразования следует считать литогенно-обусловленной региональной особенностью формирования глубинного профиля черноземов в пределах изучаемой территории.

На ряде изученных участков в нижней части почвенных профилей были выявлены признаки подстилания тяжелосуглинистых почвообразующих пород более легкими по гранулометрическому составу породами с заметной долей песка. В работе [Русаков, 2012], посвященной результатам крупномасштабного почвенного картографирования территории Ямской степи, для ряда участков отмечается двучленность отложений, наблюдаемая на глубине около 1 м, с верхним суглинистым чехлом и залегающими ниже олигоценовыми супесями. На преобладающей же площади этого заповедного участка мощность чехла лессовидных суглинков составляет 2–2,5 м, а уже глубже залегают более легкие породы мезокайнозоя.

Близкая особенность также установлена в Центрально-черноземном заповеднике имени В.В. Аleshina, где смена породного состава имеет место на глубине 2–3 м: тяжелые лессовидные суглинки сме-

няются сначала средними и легкими суглинками, а глубже – супесями и песками третичного возраста. По мнению Е.А. Афанасьевой (1966), сочетание легких пород и залегающего выше чехла тяжелых лессовидных суглинков формирует оптимальные условия для черноземного процесса: литологический состав материнской породы обеспечивает почвы необходимым количеством оснований, а смена наносов на глубине около 2 м формирует оптимальный гидрологический режим для обеспечения влагой растений [Афанасьева, 1966].

Таким образом, следует признать, что на территории нашего исследования распространены лессовидные тяжелые карбонатные суглинки с общей тенденцией утяжеления гранулометрического состава до глубины 1,5–2 м. Признаки опесчаненности пород, местами наблюдавшиеся в строении нижней части изученных нами почвенных профилей, а также литературные сведения о породном составе почв заповедников свидетельствуют о подстилании лессовидных суглинков породами более легкого гранулометрического состава. Это можно считать общей закономерностью для характера минеральной основы почвообразования в аре-

але распространения лугово-степных черноземов, приуроченных к водоразделам в центре и на юге Среднерусской возвышенности.

Данные о плотности сложения на разных глубинах профилей исследованных почв представлены в табл. 3.

Анализ плотности сложения почвенных профилей выявил неоднородный характер изменения данного показателя с глубиной в изучаемых черноземах (рис. 5).

Таблица 3

Средние значения плотности сложения черноземов заповедных территорий ($n = 61$) и черноземов старых выгонов и сенокосов ($n = 19$)

Слой, см	Статистический показатель			
	lim	$X \pm \delta_x$	δ	$V, \%$
Черноземы заповедных территорий				
0–10	0,75–0,97	0,91±0,01	0,08	2,7
10–20	0,83–1,16	1,02±0,01	0,10	9,8
20–30	0,88–1,15	1,07±0,01	0,08	7,5
30–40	0,92–1,18	1,10±0,01	0,08	7,3
40–50	0,92–1,21	1,11±0,01	0,09	8,1
50–60	0,94–1,23	1,15±0,01	0,09	7,8
60–70	0,98–1,25	1,17±0,01	0,08	6,8
70–80	1,02–1,28	1,19±0,01	0,09	7,6
80–90	1,03–1,30	1,19±0,01	0,08	6,7
90–100	1,04–1,33	1,21±0,01	0,08	6,6
100–120	1,07–1,37	1,24±0,01	0,09	7,3
120–140	1,11–1,42	1,29±0,01	0,09	7,0
140–160	1,20–1,48	1,35±0,01	0,09	6,7
160–180	1,26–1,55	1,42±0,01	0,10	7,0
180–200	1,28–1,59	1,46±0,01	0,11	7,5
Черноземы выгонов и сенокосов				
0–10	0,73–1,24	1,05±0,03	0,15	14,3
10–20	0,77–1,26	1,11±0,03	0,15	13,5
20–30	0,84–1,28	1,16±0,03	0,15	12,9
30–40	0,91–1,28	1,18±0,03	0,13	11,0
40–50	0,95–1,29	1,18±0,03	0,11	9,3
50–60	0,97–1,43	1,18±0,03	0,11	9,3
60–70	0,98–1,47	1,19±0,03	0,11	9,2
70–80	1,01–1,51	1,20±0,03	0,11	9,2
80–90	1,05–1,53	1,21±0,03	0,11	9,1
90–100	1,08–1,57	1,24±0,03	0,12	9,7
100–120	1,10–1,59	1,28±0,03	0,12	9,4
120–140	1,16–1,62	1,34±0,03	0,11	8,2
140–160	1,20–1,64	1,40±0,02	0,10	7,1
160–180	1,24–1,65	1,44±0,02	0,09	6,3
180–200	1,27–1,67	1,48±0,02	0,09	6,1

Примечание: n – объем выборки; lim – минимальное и максимальное значение; $X \pm \delta_x$ – среднее значение ± ошибка выборочной средней; δ – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации.

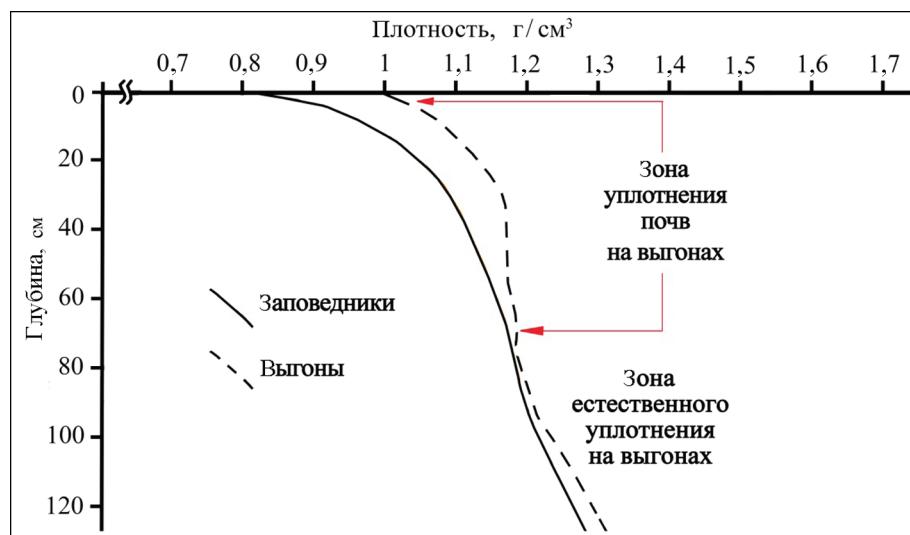


Рис. 5. Изменение с глубиной плотности сложения в изученных черноземах заповедников ($n = 7$) и выгонах ($n = 12$) (средние показатели) и формирование зон различного уплотнения

Fig. 5. Bulk density variation with depth in protected ($n = 7$) and pasture ($n = 12$) chernozems (mean values), highlighting the formation of zones of differential compaction

По сравнению с черноземами заповедных территорий, черноземы на выгонах–сенокосах характеризуются повышенным уплотнением в верхней части почвенных профилей, причем максимум уплотнения почв на выгонах наблюдается в слое 20–30 см (см. рис. 5). Обнаруженное повышенное уплотнение почв на выгонах, по-видимому, объясняется влиянием выпасающихся животных. Пониженное уплотнение почв выгонах у самой поверхности, возможно, связано с «амортизирующей ролью» дернины трав и приповерхностного слоя гумусового горизонта, насыщенного корнями, которые «стремятся» восстановить исходную плотность после проходов животных.

При сравнении с распределением плотности в черноземах заповедников, повышенное уплотнение в почвах выгонах–сенокосов наблюдается до глубин 60–70 см (см. рис. 5). Глубже указанного уровня различия между сравниваемыми категориями черноземов по данному показателю становятся минимальными. Следует отметить, что на различных участках, где изучались черноземы старых выгонах–сенокосов, были встречены различные варианты степени их уплотнения – от слабой до весьма заметной.

На этом основании мы предполагаем существование различной степени приближения черноземов выгонах по плотности их сложения к эталонным вариантам – от высокой до низкой, что, вероятно, определяется локальным своеобразием истории использования участков под выгоны и сенокосы, а также разным соотношением первого и второго видов воздействия на почвы.

С учетом выявленной повышенной плотности черноземов на выгонах и сенокосах в слое 0–70 см

можно реконструировать исходную (для целинной стадии формирования) мощность гумусовых горизонтов и гумусированной части профилей. Наши расчеты основаны на том, что масса гумусового горизонта в слое до и после уплотнения должна быть одинаковой. Поскольку плотность (ρ) на выгонах выше, чем при целинной стадии формирования чернозема, то при равной массе мощность слоя (H) сенокосов и выгонах должна быть меньше. Реконструированная мощность гумусового горизонта в период целинной стадии вычислялась по формуле:

$$H_{\text{целина}} = \frac{\rho_{\text{выгон}} \cdot H_{\text{выгон}}}{\rho_{\text{целина}}}.$$

Разница между расчетным и фактическим значением гумусированной мощности дала величину «сжатия» гумусового горизонта. Согласно выполненным расчетам, средняя величина «сжатия» гумусовых горизонтов из-за уплотнения должна была составить 4 см. Следовательно, реконструированная величина мощности гумусовых горизонтов и гумусированной части профилей рассматриваемых черноземов при корректировке данных табл. 1 оказалась равной $53 + 4 = 57$ см и $82 + 4 = 86$ см соответственно.

Плотность твердой фазы почв определяется величиной плотности преобладающих в почвах минералов горных пород (главным образом кварца), а также примесью органического вещества в различных концентрациях на разных глубинах профилей изученных черноземов. Прямая связь между удельной плотностью и содержанием органического углерода в черноземах изученных выгонах и сенокосов (приводятся данные по черноземам типич-

ным) демонстрируется графиком, представленным на рис. 6. Примечательно то, что указанной закономерности также подчиняется среднестатистический профиль целинных черноземов типичных Центрального Черноземья, отражающий усредненные характеристики по 33 разрезам (в соответствии с данными из работы [Щеглов, 1999]).

Увеличение плотности твердой фазы почв во всех случаях соответствует росту глубины отбора почвенных проб (см. рис. 6) – от поверхности (0–10 см) до слоя 140–160 см. В этом же направлении происходит уменьшение содержания C_{opr} почв.

На территории нашего исследования максимальное варьирование плотности твердой фазы почв в разных разрезах при одинаковом содержании C_{opr}

не превышает 0,15 г/см³, но, как правило, составляет 0,1 г/см³ (см. рис. 6), что, по нашему мнению, отражает региональную специфику некоторой пространственной дифференциации минералогического состава автоморфных черноземов типичных на юге лесостепи Среднерусской возвышенности.

Таким образом, изменение с глубиной плотности твердой фазы в черноземах выгона и сенокосов можно считать достаточно надежным эталонным признаком, сохраняющимся с нативной стадии формирования черноземов.

Расчет пористости (скважности) на основе данных о плотности сложения и плотности твердой фазы почв выявил следующие особенности распределения данного показателя с глубиной (табл. 4, рис. 7).

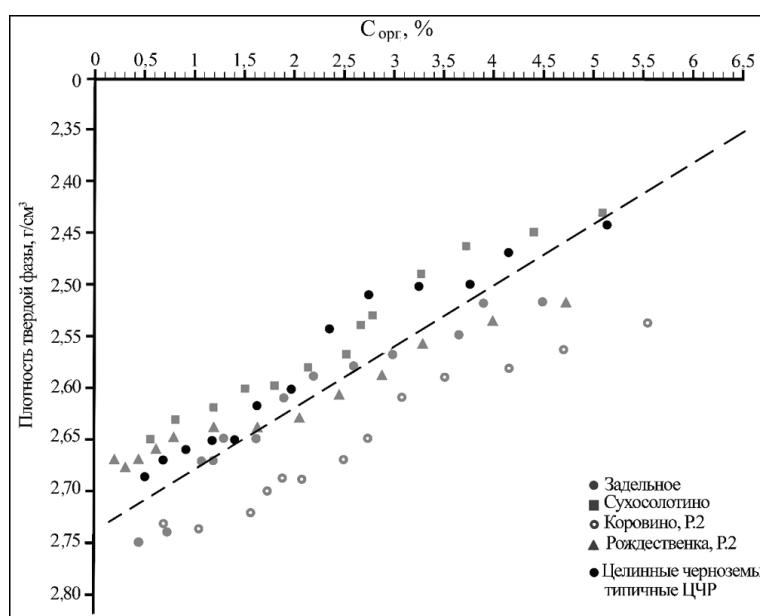


Рис. 6. Линия тренда связи между содержанием органического углерода и плотностью твердой фазы почв (удельной плотностью) в профилях изученных черноземов типичных старых выгона и сенокосов (серые пунсоны). Для сравнения черными пунсонами изображены показатели эталонных (целинных) черноземов типичных (средние значения из 33 разрезов, расчеты выполнены на основе данных из работы [Щеглов, 1999])

Fig. 6. Trendline relationship between organic carbon content and specific density in Haplic Chernozems of pasture (gray symbols). Black symbols are for virgin Haplic Chernozems (mean of 33 profiles; calculated basing on the data from [Shcheglov, 1999])

Как в черноземах выгона, так и в черноземах заповедных территорий имеет место закономерное снижение показателя с глубиной. Однако в верхней части профилей почв выгона обнаруживаются заметные отличия общей пористости от заповедных аналогов – в слое 0–60 см она значимо снижена. Глубже 60 см, как по абсолютным значениям, так и по характеру изменения с глубиной, отличия между сравниваемыми категориями черноземов становятся слабо выраженным, и диапазон отличий общей пористости не превышает 1–1,5%. Таким образом, как установленная ранее повышенная плотность

черноземов выгона в слое 0–60(70) см, так и сниженная общая пористость в слое 0–60 см подтверждают тренд уплотнения верхней части профиля черноземов выгона за счет выпаса животных, что накладывает определенные ограничения на использование данных почв в качестве эталонных. Нагрузка из-за выпаса животных, длительность использования земель под выпас, различия в соотношении между сенокошением и выпасом на разных изученных участках сформировали ряд почв по степени близости-удаленности от эталонных значений, что характеризуется показателем общей пористости.

Таблица 4

Средние значения пористости почв старых выгоноў ($n = 12$)

Слой, см	lim	$X \pm \delta_X$	δ	$V, \%$
0–10	50,8–56,1	53,5±0,5	1,78	3,3
10–20	50,2–55,7	52,1±0,3	1,18	2,3
20–30	48–52,9	51,3±0,4	1,56	3,0
30–40	49–53,8	51,5±0,4	1,51	2,9
40–50	49,4–54,7	52,0±0,5	1,58	3,0
50–60	49,8–55,7	53,0±0,6	1,93	3,6
60–70	49,6–56,6	53,7±0,7	2,31	4,3
70–80	47,9–56,5	53,6±0,7	2,56	4,8
80–90	46,2–56,1	53,4±0,8	2,86	5,4
90–100	45,7–56	52,9±0,8	2,89	5,5
100–120	44,4–55,5	52,0±0,9	3,14	6,0
120–140	44,4–53,8	50,6±0,8	2,93	5,8
140–160	44,4–51,5	48,2±0,7	2,29	4,8

Примечание: n – объем выборки; lim – минимальное и максимальное значение; $X \pm \delta_X$ – среднее значение ± ошибка выборочной средней; δ – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации.

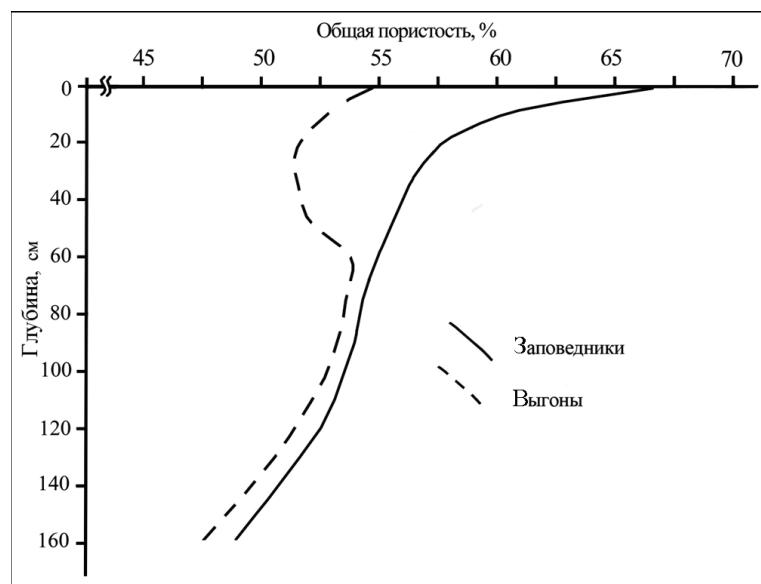


Рис. 7. Профильное распределение общей пористости в черноземах выгоноў (среднее из 12 разрезов, данные авторов) и в заповедных черноземах (среднее из 58 разрезов, включая 4 разреза из Ямской степи (данные авторов) и 54 разреза из работы [Щеглов, 1999])

Fig. 7. Total porosity distribution in pasture chernozems (mean of 12 profiles, authors' data) and virgin chernozems (mean of 58 profiles, including 4 from Yamskaya Steppe (authors' data) and 54 from [Shcheglov, 1999])

ВЫВОДЫ

По разным почвенным признакам установлена различная степень эталонности – сохранности нативных свойств автоморфных черноземов юга лесостепи Среднерусской возвышенности, формирующихся на старых выгонах и сенокосах, по отношению к черноземам заповедных территорий.

1. Высокая степень эталонности – сохранности установлена для морфометрических показателей верхней части почвенных профилей (мощности горизонта A1 и суммы горизонтов A1+A1B+BA1), плотности включений слепышин на разных глубинах почвенных профилей, профильного распределения гранулометрических фракций ила и физиче-

ской глины, профильного распределения плотности твердой фазы почв.

2. Ряды по степени близости-удаленности от эталонных значений образованы такими признаками, как плотность сложения и общая пористость почв. Здесь выявляются варианты распределений, близкие к естественным (с высокими показателями эталонности – сохранности) и варианты сильной трансформации признаков, где эталонность отсутствует и проявляется слабая сохранность.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агрэкологическое состояние черноземов ЦЧО / под ред. А.П. Щербакова, И.И. Вассенева. Курск: Рос. акад. с.-х. наук; Всерос. науч.-исслед. ин-т земледелия и защиты почв от эрозии, 1996. 330 с.
- Александровский А.Л. Эволюция черноземов в регионе среднего течения Дона в голоцене // Почвоведение. 1984. № 11. С. 5–13.
- Афанасьев Е.А. Черноземы Среднерусской возвышенности. М.: Наука, 1966. 224 с.
- Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. Изменение гумусного состояния лесостепных и степных черноземов под курганами и при длительной распашке // Почвоведение. 2002. № 2. С. 140–149.
- Большаков А.Ф. Водный режим мощных черноземов Среднерусской возвышенности. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 200 с.
- ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микротекстурного состава. М.: Стандартинформ, 2007. 22 с.
- ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 11 с.
- ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2015. 23 с.
- Герцык В.В. Сезонная динамика гумуса в мощных черноземах // Тр. Центр.-Черноземного заповедника. Вып. 5. Курск, 1959. С. 315–338.
- Глазовская М.А. Агрогенная трансформация факторов и механизмов изменения запасов гумуса в толще пахотных почв // Проблемы эволюции почв: Материалы IV Всероссийской конф. Пущино, 2003. С. 201–210.
- Грошева О.А. Эволюционное развитие черноземов и степей Евразии в исторической ретроспективе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 12. С. 31–35.
- Докучаев В.В. Русский чернозем. СПб.: Императорское Вольное экон. о-во, 1883. 376 с.
- Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука, 1992. 143 с.
- Когут Б.М. Оценка уровней эродированности черноземов по относительной степени их гумусированности // Бюллетень Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. № 78. С. 59–69.
3. Глубину вскипания в черноземах выгоднее не рекомендуется использовать в качестве эталона при сравнении с антропогенно измененными почвами окружающих территорий, так как регулярные сенокошение и поедание травы животными нарушают гидротермический режим черноземов, вследствие чего может происходить подтягивание карбонатов к поверхности почв.
- Коковина Т.П. Водный режим черноземов // Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. М.: Наука, 1983. С. 50–69.
- Крупеников И.А. Черноземы. Возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения. Кишинев: Pontos, 2008. 288 с.
- Лебедева И.И. Основные компоненты морфологического профиля черноземов // Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. М.: Наука, 1983. С. 103–117.
- Лебедева И.И. Гидрологические профили миграционно-карбонатных (типичных) черноземов и агрочерноземов // Почвоведение. 2002. № 10. С. 1214–1223.
- Лисецкий Ф.Н. Пространственно-временная организация и почвозащитное обустройство агроландшафтов: дис. ... д-ра геогр. наук/ Одесса, 1994. 482 с.
- Лукин С.В. Полувековая динамика плодородия пахотных почв Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 1. С. 7–11.
- Люри Д.И., Горячkin С.В., Караваева Н.А. и др. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагротехническое восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
- Марголина Н.Я., Александровский А.Л., Ильичев Б.А. и др. Возраст и эволюция черноземов. М.: Наука, 1988. 144 с.
- Русаков А.В. Почвы и почвенный покров Ямской степи. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2012. 216 с.
- Русский чернозем – 100 лет после Докучаева / отв. ред. В.А. Ковда, Е.М. Самойлова. М.: Наука, 1983. 304 с.
- Смирнова М.А., Геннадьев А.Н., Ченdev Ю.Г. и др. Корреляционные связи и варьирование свойств агрочерноземов юга Среднерусской возвышенности // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2023. № 5. С. 89–103. DOI: 10.5595/MSU0579-9414.5.78.5.9.
- Фридланд В.М., Белобров В.П., Дайнеко Е.К. Опыт статистического анализа морфологических свойств черноземов целинной степи // Почвоведение. 1969. № 4. С. 12–24.
- Целищева Л.К., Дайнеко Е.К. Очерк почв стрелецкого участка Центрально-чernоземного заповедника // Тр. Центрально-чernоземного гос. заповедника им. В.В. Алешина. 1966. Вып. 10. С. 154–186.
- Ченdev Ю.Г., Хохлова О.С., Александровский А.Л. Агрогенная эволюция автоморфных черноземов лесостепи (Белгородская область) // Почвоведение. 2017. № 5. С. 515–531. DOI: 10.7868/S0032180X17050045.

- Ченdev Ю.Г., Геннадиев А.Н., Смирнова М.А. и др. Лесные полосы как фактор почвообразования в агроландшафтах юга Среднерусской возвышенности // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2024а. № 4. С. 94–108. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.4.8.
- Ченdev Ю.Г., Петин А.Н. Естественные изменения и техногенная трансформация компонентов окружающей среды староосвоенных регионов (на примере Белгородской области). М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. 123 с.
- Ченdev Ю.Г., Смирнова М.А., Геннадиев А.Н. и др. Нативные эталонно значимые черноземы в староосвоенной лесостепи: поиск сохранившихся ареалов и анализ свойств // Известия Русского географического общества. 2024б. Т. 156. № 4. С. 391–408. DOI: 10.31857/S0869607124040107.
- Чернова О.В. Сохранение естественных почв на охраняемых природных территориях Российской Федерации // Известия РАН. Сер. географическая. 2012. № 2. С. 30–37. DOI: 10.15356/0373-2444-2012-2-30-37.
- Черноземы СССР / под ред. В.М. Фридланда, И.И. Лебедевой. Т. 1. М.: Колос, 1974. 559 с.
- Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М.: Наука, 1999. 214 с.
- Шербаков А.П., Васенев И.И., Козловский Ф.И. и др. Вековая динамика, экологические проблемы и перспективы использования черноземов. Курск; Воронеж: Всерос. науч.-исслед. ин-т земледелия и защиты почв от эрозии; Воронеж. гос. ун-т, 1996. 59 с.

Поступила в редакцию 20.08.2025

После доработки 21.09.2025

Принята к публикации 17.10.2025

COMPARATIVE ANALYSIS OF NATIVE PROPERTIES RETENTION IN MEADOW-STEPPE CHERNOZEMS OF THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND: LONG-TERM PASTURES – HAYFIELDS VS. PROTECTED AREAS

Yu.G. Chendev¹, M.A. Smirnova², A.N. Gennadiev³, A.V. Solyanoy⁴, T.L. Salova⁵^{1,5} Belgorod State University, Institute of Earth's Sciences, Department nature management and land cadastre^{2,3} Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of landscape geochemistry and soil geography⁴ Belgorod State University, Institute of Earth's Sciences, Department of Geography, Geoeconomics, and Life Safety¹ Professor; D.Sc. in Geography; e-mail: chendev@bsu.edu.ru² Associate Professor; Ph.D. in Geography; e-mail: summerija@yandex.ru³ Professor; D.Sc. in Geography; e-mail: alexagenna@mail.ru⁴ Post-graduate student; e-mail: solyanoy96@mail.ru⁵ Assistant; e-mail: salova@bsuedu.ru

The study presents a comparative analysis of the morphological and physical properties of never-ploughed automorphic chernozem profiles from the long-term pastures and hayfields, as well as virgin chernozems from protected meadow-steppe landscapes (nature reserves) in the forest-steppe zone of the Central Russian Upland. The similarities in key characteristics, including the thickness of chernic and chernic+mollic horizons, the intensity of zoogenic turbations, the vertical distribution of mole rat burrows, the particle-size distribution and bulk density were revealed. The differences were observed in the upper soil layers: chernozems from pastures and hayfields show higher compaction and lower total porosity compared to their protected counterparts. The Central Russian Upland's forest-steppe region has very few undisturbed, high-quality chernozems left due to agricultural use, so we suggest considering unploughed pasture and hayfield chernozems as a close-to-natural reference or benchmark ones to compare them with anthropogenically transformed soils located nearby.

Keywords: forest-steppe, soil bulk density, Belgorod oblast, automorphic chernozems, humus horizons, carbonates, Haplic Chernozems, Luvic Chernozems, grain-size distribution in soils

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project no. 24-17-00154).

REFERENCES

- Afanas'eva E.A. *Chernozemy Sredne-Russkoi vozvyshennosti* [Chernozems of the Central Russian Upland], Moscow, Nauka Publ., 1966, 224 p. (In Russian)
- Agroekologicheskoe sostoyanie chernozemov TsChO* [Agroecological state of chernozems of the Central Black Earth Region], Shcherbakov A.P., Vasenov I.I. (eds.), Kursk, Russian Academy of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion Publ., 1996, 330 p. (In Russian)
- Ahtyrtsev B.P., Ahtyrtsev A.B. Changes in the humus status of forest-steppe and steppe chernozems resulting from their long-term plowing and sealing under burial mounds, *Eurasian Soil Science*, 2002, no. 2, p. 123–131.

- Aleksandrovskij A.L. Evolyutsiya chernozemov v regione srednego techeniya Dona v golotsene [Evolution of chernozems in the Middle Don region during the Holocene], *Pochvovedenie*, 1984, no. 11, p. 5–13. (In Russian)
- Bol'shakov A.F. *Vodnyi rezhim moshchnykh chernozemov Sredne-Russkoi vozvyshennosti* [Water regime of thick chernozems of the Central Russian Upland], Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1961, 200 p. (In Russian)
- Chendev Yu.G., Gennadiev A.N., Smirnova M.A. et al. Lesnye polosy kak faktor pochvoobrazovaniya v agrolandshaftakh yuga Srednerusskoi vozvyshennosti [Shelterbelts as a factor of soil formation in agrolandscapes of the southern part of the Central Russian Upland], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2024a, vol. 79, no. 4, p. 94–108, DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.4.8 (In Russian)
- Chendev Yu.G., Hohlova O.S., Aleksandrovskij A.L. Agrogenic evolution of automorphic chernozems in the forest-steppe zone (Belgorod oblast), *Eurasian Soil Science*, 2017, no. 5, p. 499–514, DOI: 10.1134/S1064229317050040.
- Chendev Yu.G., Smirnova M.A., Gennadiev A.N. et al. Nativnye etalonno znachimye chernozemy v staroosvoennoi lesostepi: poisk sokhranivshikhsya arealov i analiz svoistv [Benchmark Native Chernozems in the Old-Settled Forest-Steppe: Search for Remaining Areas and Properties Analysis], *Izvestija Russkogo geograficheskogo obshhestva*, 2024b, vol. 156, no. 4, p. 391–408, DOI: 10.31857/S0869607124040107. (In Russian)
- Chernova O.V. Sokhranenie estestvennykh pochv na okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh Rossiiskoi Federatsii [Conservation of Virgin Soils' Diversity in Network of Nature Reserves of the Russian Federation], *Izvestija RAN. Serija geograficheskaja*, 2012, no. 2, p. 30–37, DOI: 10.15356/0373-2444-2012-2-30-37. (In Russian)
- Chernozemy SSSR* [Chernozems of the USSR], V.M. Fridland, I.I. Lebedeva (eds.), vol. 1, Moscow, Kolos Publ., 1974, 559 p. (In Russian)
- Dokuchaev V.V. *Russkiy chernozem*. [Russian Chernozem], St. Petersburg, Imperatorskoe Vol'noe ekon. o-vo Publ., 1883, 376 p. (In Russian)
- Fridland V.M., Belobrov V.P., Dajneko E.K. Opyt statisticheskogo analiza morfologicheskikh svoistv chernozemov tselinnoi stepi [Experience of statistical analysis of morphological properties of virgin steppe chernozems], *Pochvovedenie*, 1969, no. 4, p. 12–24. (In Russian)
- Gerczyk V.V. *Sezonnaya dinamika gumusa v moshchnykh chernozemakh* [Seasonal dynamics of humus in thick chernozems], Tr. Tsentr.-Chernozemnogo zapovednika, Kursk, 1959, iss. 5, p. 315–338. (In Russian)
- Glazovskaja M.A. [Agrogenic transformation of factors and mechanisms of humus stock changes in the plow layer of soils], *Problemy jevoljucii pochv* [Problems of soil evolution], Materialy IV Vserossijskoj konf., Pushhino, 2003, p. 201–210. (In Russian)
- Grosheva O.A. Evolyutsionnoe razvitiye chernozemov i stepei Evrazii v istoricheskoi retrospektive [Evolutionary development of chernozems and steppes of Eurasia in historical retrospective], *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, 2020, no. 12, p. 31–35. (In Russian)
- Ivanov I.V. *Evoljutsiya pochv stepnoi zony v golotsene* [Evolution of soils in the steppe zone during the Holocene], Moscow, Nauka Publ., 1992, 143 p. (In Russian)
- Kogut B.M. Otsenka urovnei erodirovannosti chernozemov po otnositel'noi stepeni ikh gumusirovannosti [Assessment of chernozem erosion levels by the relative degree of their humification], *Bulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 2015, no. 78, p. 59–69. (In Russian)
- Kokovina T.P. [Water regime of chernozems], *Russkiy chernozem – 100 let posle Dokuchaeva* [Russian Chernozem – 100 years after V.V.Dokuchaev], Moscow, Nauka Publ., 1983, p. 50–69. (In Russian)
- Krupenikov I.A. *Chernozemy. Vozniknovenie, sovershenstvo, tragediya degradatsii, puti okhrany i vozrozhdeniya*. [Chernozems: Genesis, perfection, degradation tragedy, and ways of protection and revival], Kishinev, Pontos Publ., 2008, 288 p. (In Russian)
- Lebedeva I.I. [Main components of the morphological profile of chernozems], *Russkiy chernozem – 100 let posle Dokuchaeva* [Russian Chernozem – 100 years after V.V. Dokuchaev], Moscow, Nauka Publ., 1983, p. 103–117. (In Russian)
- Lebedeva I.I. Hydrological profiles of typical chernozems and agrochernozems with migrational forms of pedogenic carbonates, *Eurasian Soil Science*, 2002, no. 10, p. 1076–1084.
- Lisetskij F.N. *Prostranstvenno-vremennaya organizatsiya i pochvozashchitnoe obustroistvo agrolandshaftov* [Spatiotemporal organization and soil-protective arrangement of agricultural landscapes], Doctoral Thesis in Geography, Odessa, 1994, 482 p. (In Russian)
- Ljuri D.I., Gorjachkin S.V., Karavaeva N.A. et al. *Dinamika sel'skokhozyaistvennykh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'nosti i pochv* [Dynamics of agricultural lands of Russia in XX century and post-agrogenic restoration of vegetation and soils], Moscow, GEOS Publ., 2010, 416 p. (In Russian)
- Lukin S.V. Poluvekovaya dinamika plodorodiya pakhotnykh pochv Belgorodskoi oblasti [Half-century dynamics of fertility of arable soils in Belgorod region], *Dostizhenija nauki i tekhniki APK*, 2014, no. 1, p. 7–11. (In Russian)
- Margolina N.Ya., Aleksandrovskij A.L., Il'ichev B.A. et al. *Vozrast i evolyutsiya chernozemov* [Age and evolution of chernozems], Moscow, Nauka Publ., 1988, 144 p. (In Russian)
- Rusakov A.V. *Pochvy i pochvennyi pokrov Yamskoi stepi* [Soils and soil cover of Yamskaya Steppe], St Petersburg, St Petersburg Un-ty Publ., 2012, 216 p. (In Russian)
- Russkiy chernozem – 100 let posle Dokuchaeva* [Russian Chernozem – 100 Years after Dokuchaev], V.A. Kovda, E.M. Samojlova (eds.), Moscow, Nauka Publ., 1983, 304 p. (In Russian)
- Shheglov D.I. *Chernozemy tsentra Russkoi ravniny i ikh evolyutsiya pod vliyaniem estestvennykh i antropogennykh faktorov* [Chernozems of the center of the Russian Plain and their evolution under the influence of natural and anthropogenic factors], Moscow, Nauka Publ., 1999, 214 p. (In Russian)
- Shherbakov A.P., Vasenev I.I., Kozlovskij F.I. et al. *Vekovaya dinamika, ekologicheskie problemy i perspektivy ispol'zovaniya chernozemov* [Century-long dynamics, ecological problems and prospects of chernozem use], Kursk, Voronezh, Russian Academy of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion, Voronezh St. Un-ty Publ., 1996, 59 p. (In Russian)
- Smirnova M.A., Gennadiev A.N., Chendev Ju.G. et al. *Korreljacionnye svjazi i var'irovanie svojstv agrocher-*

nozemov juga Srednerusskoj vozvyshennosti [Correlation relationships and variation of properties of agrochernozems in the south of the Central Russian Upland], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2023, vol. 78, no. 5, p. 89–103, DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.9. (In Russian)

Tselishheva L.K., Dajneko E.K. Ocherk pochv streletskogo uchastka tsentral'no-chernozemnogo zapovednika [Essay on soils of the Streletskii area of the Central Chernozem Reserve], *Trudy Central'no-chernozemnogo gosudarstvennogo zapovednika im. V.V. Aljohina*, 1966, iss. 10, p. 154–186. (In Russian)

Received 20.08.2025

Revised 21.09.2025

Accepted 17.10.2025